

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри О.В.ГОНДЛЯХ
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 133 Галузеве машинобудування

на тему: Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з модернізацією термопластавтомата

Виконав студент 2 курсу, групи ЛП-91мп

РОГОЖИНСЬКИЙ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(підпис)

Науковий керівник к.т.н., доцент ЧЕМЕРИС А.О.

(підпис)

Консультанти з: ТМ та Е ст.вик. БОРЩИК С. О

(підпис)

Модернізації д.т.н., проф. ЩЕРБИНА В. Ю.

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація): 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Гондлях О.В.
(підпис)
« ____ » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Рогожинському Юрію Володимировичу**

1. Тема дисертації: Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з модернізацією термопластавтомата _____
науковий керівник дисертації Чемерис Андрій Олегович, к.т.н., доцент _____
затверджені наказом по університету від 03.11.2020 р. №3207-с _____
2. Строк подання студентом дисертації 07.12.2020р. _____
3. Об'єкт дослідження: Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з розгядом машини - термопластавтомата _____
4. Предмет дослідження (вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) : Термопластавтомат, перероблюваний матеріал – полістирол, діаметр черв'яка $D = 45$ мм, об'єм вприску $V = 250$ см³, зусилля змикання $F = 1300$ кН _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Вступ; Опис лінії і базової конструкції _____ термопластавтомата; _____ Технічна _____ характеристика _____ термопластавтомата; _____ Літературно-патентний огляд та вибір модернізації; _____ Розрахунки елементів базової конструкції; _____ Охорона праці та навколишнього середовища; _____ Монтаж та експлуатація; _____ Модернізація установки; _____ Висновки; _____ Література _____
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з модернізацією термопластавтомату А1, Термопластавтомат А1, Механізм інжекції модернізований А1, Механізм

змикання модернізований А1, Плакат «Вихідні дані для розрахунку базового та модернізованого сопла» А1; Плакат «Результати розрахунків базового та модернізованого сопла» А1; Плакат «Розрахунок на міцність замкового пристрою» А1 _____

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1. Теза на тему: «Вдосконалення конструкції сопла термопластавтомата» _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., проф. каф. ХПСМ		
ТМ та Е	Борщик С.О., ст. викладач каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис лінії. Розробка креслення лінії	01.11 – 03.11.2020	
2	Розробка креслення термопластавтомата. Її технічна характеристика	04.11 – 09.11.2020	
3	Літературний огляд та патентний пошук	10.11 – 14.11.2020	
4	Розрахунки на міцність, параметричний та тепловий.	15.11 – 16.11.2020	
5	Розробка креслень модернізованих вузлів	17.11 – 22.11.2020	
6	Розробка розділу «Монтаж та експлуатація»	23.11 – 24.11.2020	
7	Розробка розділу «Охорона праці»	25.11 – 01.12.2020	
8	Створення 3D моделей базової та модернізованої конструкції	02.12 – 06.12.2020	
9	Створення розрахункової моделі в Ansys. Отримання результатів	07.12 – 09.12.2020	
10	Створення плакатів з результатами розрахунку	10.12 – 12.12.2020	
11	Оформлення записки магістерської дисертації	13.12 – 18.12.2020	

Студент _____
(підпис)

Ю.В.Рогожинський

Науковий керівник дисертації _____
(підпис)

А.О. Чемерис

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація магістра практичного спрямування на тему «Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з модернізацією термопластавтомата» / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; Керівник - А.О. Чемерис; Виконавець - Ю.В.Рогожинський.

Мета проекту – проектування термопластавтомата згідно з технічним завданням на основі існуючих промислових аналогів, здійснення його модернізації.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань. Загальний обсяг записки становить 74 сторінок, 50 рисунків, 2 таблиць. Графічна частина містить 7 листів формату А1.

При патентному пошуку було обрано 2 технічних рішення. Метою першого є підвищення технологічних параметрів литтєвої машини і економія полімерного матеріалу. Це досягається тим, що отвори напрямлені по відношенню до центрального отвору і виконані конічними. Результатом другого є чітке запирання пів форм, відсутність тертя між рухомою плитою та колонами. Це в свою чергу зменшує енерговитрати.

Методом скінчених елементів розраховано 3D моделі модернізованих конструкцій. Результати розрахунків при робочих навантаженнях показали, що модернізована машина є працездатною.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, СОПЛО, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ІНЖЕКЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, МЕХАНІЗМ ЗМИКАННЯ, ЧЕРВ'ЯК, ЗАМКОВИЙ ПРИСТРІЙ, РОЗРАХУНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

Master's dissertation of the master of practical orientation on the topic " The line for production of plastic details for cars with modernization of the automatic molding machine " / NTUU "KPI named after Igor Sikorsky"; Leader - A.O. Chemerys; Performer - Y.V. Rohozhynskyi.

The purpose of the project - design of the automatic molding machine according to the technical task on the basis of existing industrial analogs, implementation of its modernization.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references. The total volume of the note is 74 pages, 50 figures, 2 tables. The graphic part contains 7 sheets of A1 format.

During the patent search, 2 technical solutions were selected. The purpose of the first is to increase the technological parameters of the injection molding machine and save polymer material. This is achieved by the fact that the holes are directed relative to the Central hole and are conical. The result of the second is a clear locking of the half-forms, no friction between the moving plate and the columns. This in turn reduces energy consumption.

Finite element method is used to calculate 3D models of modernized structures. The results of calculations at workloads showed that the upgraded machine is operational.

THERMOPLASTAVTOMAT, NOZZLE, CASTING UNDER PRESSURE, INJECTION MECHANISM, CLOSURE MECHANISM, SCREW, LOCKING DEVICE, CALCULATIONS, MODERATION.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНИХ ТЕРМІНІВ

Скорочені терміни:

ТПА – термопластавтомат.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

ПС – полістирол.

Умовні позначення:

D, d – діаметри, м;

L, l – довжини, м;

v – швидкість, м/с;

V – об'єм, м³;

F – площа, м²;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, с⁻¹;

Π – продуктивність, кг/год;

T – температура, К;

t – час, с;

P – тиск, Па;

μ – в'язкість, Па·с;

Q – кількість теплоти, Дж;

α_K – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище,
Вт/м²·град;

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Gr – критерій Гросгофа.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Опис лінії і базової конструкції термопластавтомата, принцип дії.....	9
2. Технічна характеристика термопластавтомата	13
3. Перспективні технічні рішення з удосконалення термопластавтомата.	14
4. Обґрунтування обраної модернізації	21
5. Розрахунки елементів базової конструкції.....	22
5.1 Розрахунок геометрії черв'яка.....	22
5.2 Продуктивність термопластавтомата	25
5.3 Розрахунок потужності електродвигуна термопластавтомата	27
5.4 Розрахунок черв'яка на стиск.....	30
5.5 Розрахунок черв'яка на кручення	33
5.6 Тепловий розрахунок термопластавтомата	34
6 Охорона праці та навколишнього середовища	39
6.1 Повітря робочої зони	39
6.2. Електробезпека	40
6.3. Пожежна безпека.....	41
6.4. Виробничий шум.....	43
6.5. Промислове освітлення	43
6.6. небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються.....	44
7 Монтаж та експлуатація	45
7.1 Технологія складання гідроциліндра	45
7.1.1 Креслення гідроциліндра	45
7.1.2 Специфікація гідроциліндра	46
7.1.3 Схема складання.....	48

					ЛП91мн.057246.01-70ПЗ										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лінія для виробництва пластикових деталей для автомобілів з модернізацією термопластавтомата					Літ.	Арк.	Акрушів			
Розроб.		Рогожинський											1		
Перевір.		Чемерис А.О.								КПІ ім. Ігоря Сікорського					
Керівник															
Н. Контр.															
Затверд.		Гондляр О.В.													

7.1.4 Операційна карта складання	50
7.2 Монтаж термопластавтомата на фундамент	52
7.2.1 Схема розміщення фундаментних болтів	52
7.2.2 Карта ескізів монтажу.....	53
7.2.3 Операційна карта монтажу.....	56
7.3 Експлуатація термопластавтомата	58
7.3.1 Схема змащування	58
7.3.2. Карта змащування	59
8. Модернізація установки	60
8.1 Розробка 3D- моделі базової і модернізованої частини установки	60
8.2 Розрахунки для базової моделі модернізованого вузла.	63
8.3 Розрахунки для модернізованого вузла моделі.....	66
8.4 Розрахунок модернізації замкового пристрою.....	68
8.5 Підтвердження працездатності модернізованої установки. Зіставлення «критичних» параметрів для базової та модернізованої конструкції.....	70
Висновки	73
Література	74
Додаток А	
Додаток Б	

ВСТУП

На сьогоднішній день полімери стали невід'ємною частиною повсякденного життя кожної людини. Практичність, доступність, низька ціна полімерних виробів завоювали світовий ринок.

У всьому світі зростає кількість автомобілів і багато деталей в них є пластиковими. Наприклад, в Україні у 2009 році середня кількість автомобілів на 1000 чоловік була 152. А вже в 2016 році ця цифра становила 202 одиниці на 1000 осіб[1]. При виробництві виробів з пластмас для автомобілів задіяне різноманітне обладнання, серед якого важливу нішу займають лінії з термопластавтомати (ТПА) різноманітних конструкцій. Враховуючи великі об'єми виробництва та високу сумарну вартість ринку пластикових виробів є очевидним, що модернізація термопластавтоматів з метою їх покращення є актуальною задачею, якій і присвячена ця робота.

При виконанні проекту були використані знання з наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка; технологічні основи машинобудування; метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; сучасні методи розрахунку процесів та апаратів.

До речі, практика була пройдена на кафедрі ХПСМ, в аудиторіях і лабораторіях якої знаходиться різноманітне обладнання хімічного виробництва: екструдер, термопластавтомат, таблет-машина, міні-модель каландра, віскозиметр, бігуни і т.д. Так що за роботою цих машин можна було спостерігати на власні очі. Також в цій роботі було використане програмне забезпечення для моделювання та розрахунків заданих деталей, що встановлено на комп'ютерах кафедри.

1 ОПИС ЛІНІЇ І БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА, ПРИНЦИП ДІЇ

Технологічна лінія виробництва виробів з пластмас методом лиття під тиском, яка використовується на більшості великих підприємствах приведена на рис. 1.1 [2].

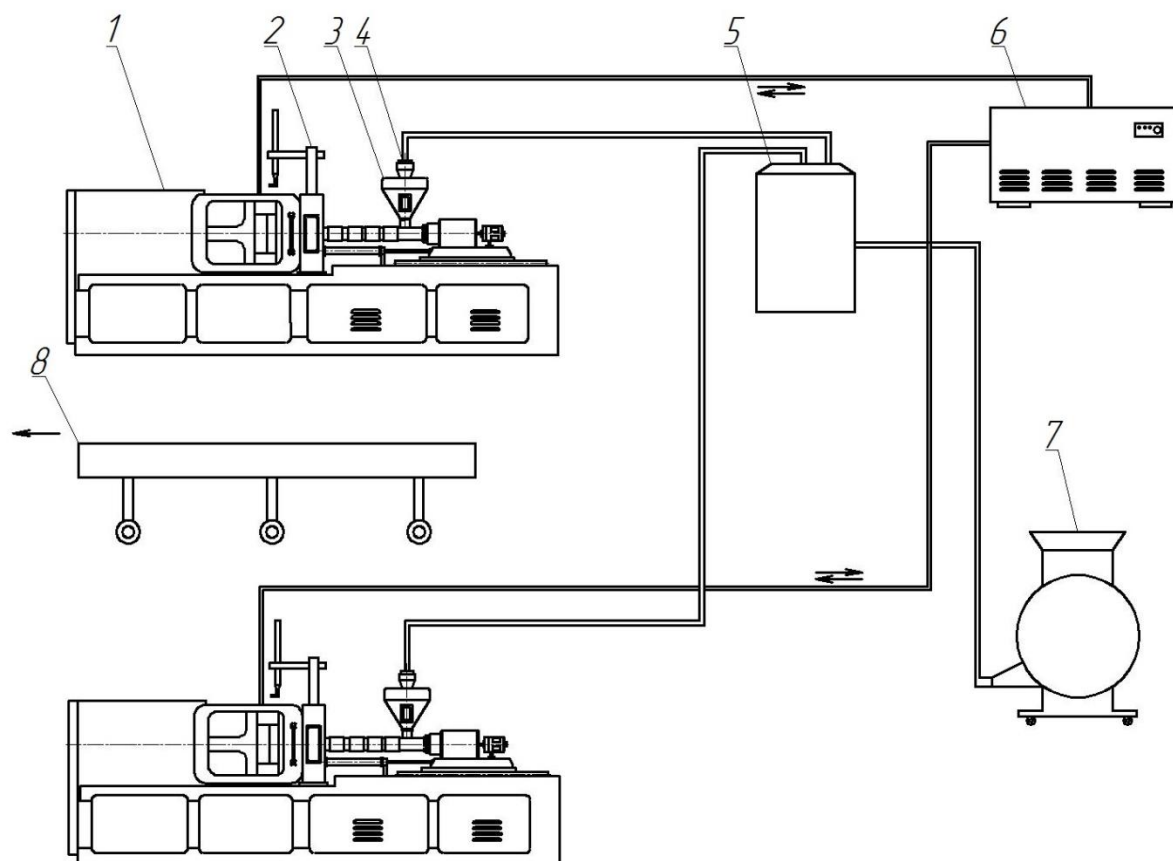
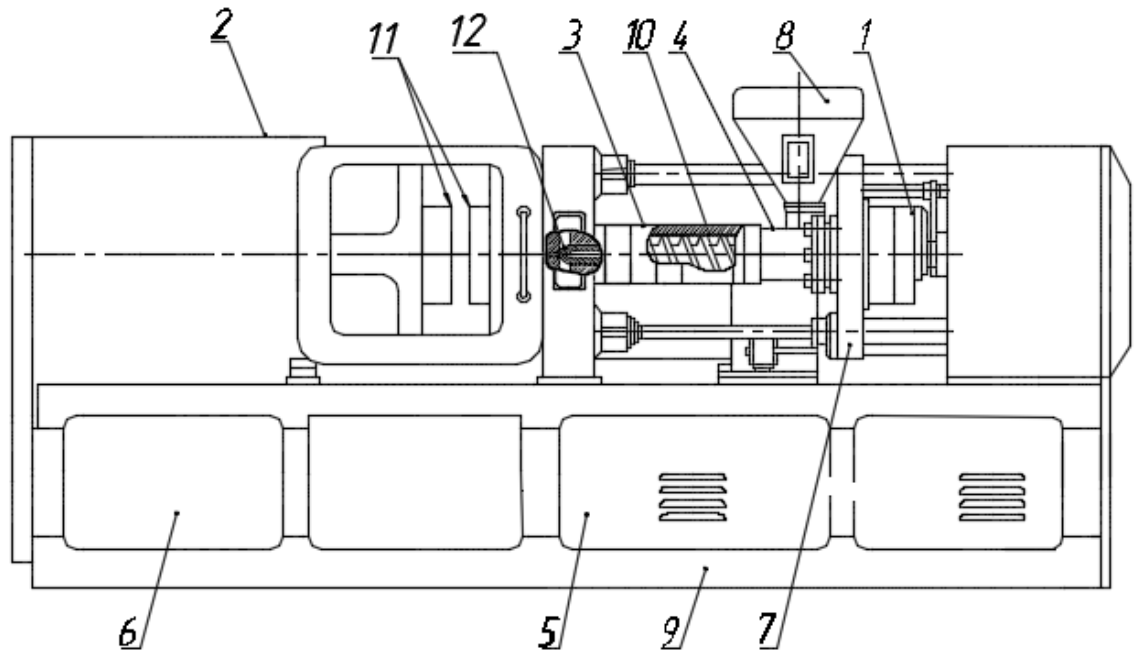


Рисунок 1.1 – Технологічна лінія для виробництва виробів з пластмас

Технологічна лінія складається з наступних складових частин: термопластавтомат 1, робот-маніпулятор 2, бункер-сушилка 3, автозавантажувач 4, бункер 5, холодильник 6, дробарка 7, стрічковий конвеєр 8. Послідовність операцій: матеріал разом з концентратами переміщується автозавантажувачем 4 з бункера 5 і потрапляє в завантажувальний бункер 3. Далі гранульований матеріал з бункера через завантажувальну воронку подається в черв'ячний прес. Там він пластикується і дозується в пресформу, до якої приєднані трубки з

охолоджуючою рідиною від холодильника 6. В пресформі виріб охолоджується і робот-маніпулятор 2 забирає деталь з виштовхувачів і кладе її на конвеєр 8. Далі браковані деталі йдуть на переробку в дробарку 7, а готова продукція на склад.

На рисунку 1.2 зображено загальний вигляд термопластавтомата. Нижче наведено принцип роботи [4].



- 1 – механізм інжекції та впорску, 2 – механізм змикання форми,
3 – електрообігрів, 4 – циліндр інжекції, 5 – гідроагрегат, 6 – гідроблок,
7 – редуктор, 8 – бункер, 9 – станина, 10 – черв'як, 11 – прес-форма,
12 – сопло

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд термопластавтомата.

ТПА складається з 2 частин: механізму пластикації-впорскування 1 та механізму запирання форми 2. Перша з цих частин служить для дозування матеріала, його пластикації та впорскування розплаву в форму. Друга частина призначена для кріплення литтєвої форми, її переміщення і утримання в зімкненому стані.

Черв'як 10 виконує одночасно функції пластикуючого та дозуючого органа і впорскуючого поршня. При попередній пластикації черв'як 10, обертаючись від привода, переміщує перероблюваний матеріал із бункера 8 в передню частину

нагрівачого циліндра 4. При цьому черв'як і зв'язаний з ним поршень відходять вправо. Далі механізм пресової частини 2 змикає прес-форму 11. Після цього весь механізм пластикації і впорскування спеціальним пристроєм підводиться до правої півформи, і осьовим переміщенням черв'яка 10 вліво за допомогою гідроциліндра і поршня доза розплаву, яка накопичилась при попередній пластикації перед черв'яком, впорскується в литтєву форму через сопло 12 (рис. 1.3).

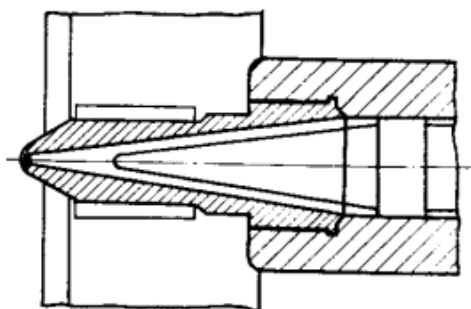


Рисунок 1.3 – Конструкція сопла литтєвої машини

Потім відбувається витримка матеріалу під тиском. Після цього наступають дві одночасні технологічні операції: витримка виробу в формі на отвердіння (без тиску) і підготовка порції матеріалу в циліндра 4 для наступного циклу лиття. При цьому частіше всього інжекційний механізм відводиться від форми.

Черв'як має 3 зони: живлення, плавлення та дозування.

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплавлювання полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

У зоні дозування відбувається перемішування розплаву і зростає тиск, під дією якого розплав продавлюється через формуючий інструмент.

Довжина функціональних зон екструдера може коливатися в значних межах у залежності від властивостей матеріалу, що переробляється, і особливостей технології переробки.

Перевагами ТПА є висока точність вилівка та мінімальна механічна обробка, швидкість і ефективність, автоматизація процесу (мінімізація трудовитрат), гнучкість (можливість змінювати колір, використовувати матеріали з різним ступенем міцності чи добавки).

Недоліки: висока вартість пресформи та її довге виготовлення, обмежена товщина стінок виробу, витікання розплаву із сопла, досить швидкий знос формуючих елементів, перепад тиску, причиною якого може бути неякісний виріб.

Висновки:

- розглянуто технологічну лінію виробництва виробів з пластмас під тиском та послідовність операцій;
- визначено, що черв'ячний прес та пресформа, що являються разом термопластавтоматом, є важливою та невід'ємною складовою розглянутої технологічної лінії, розглянуто базову конструкцію, її основні частини та принцип дії;
- визначено переваги та недоліки ТПА базової конструкції.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Основні показники ТПА наведено в таблиці 2.1.

Технічна характеристика ТПА

Таблиця 2.1

1. Тиск вприску	<i>МПа</i>	120
2. Діаметр черв'яка	<i>мм</i>	45
3. Відношення діаметру черв'яка до його довжини		1:20
4. Частота обертання черв'яка	<i>об/хв</i>	0-180
5. Максимальний об'єм вприску	<i>см³</i>	250
6. Кількість зон обігріву циліндра	<i>шт.</i>	3
7. Швидкість пластикації	<i>г/с</i>	22
8. Потужність двигуна	<i>кВт</i>	18.5
9. Габарити: довжина ширина висота	<i>мм</i>	4600 1300 1700
10. Маса	<i>кг</i>	3900
11. Максимальний тиск насоса	<i>МПа</i>	16
12. Об'єм масляного бака	<i>л</i>	200
13. Зусилля змикання	<i>кН</i>	1300

3 ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Проведено літературний огляд [3,4], за результатами якого було виявлено низку недоліків в конструкціях, вказаних раніше. Для усунення недоліків та підвищення експлуатаційних характеристик ТПА виконано патентний пошук відповідних технічних рішень.

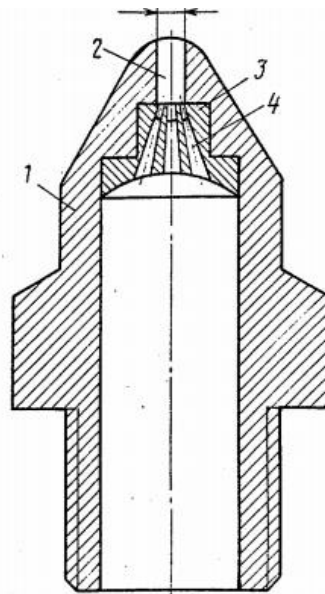
Місцями пошуку були такі сайти, як www.epo.org, www1.fips.ru, base.ukrpatent.org, patents.su.

Загалом обрано 6 технічних рішень, які приведені нижче.

Винахід [5] відноситься до переробки пластмас методом лиття під тиском.

Ціллю запропонованого технічного рішення (рис. 3.1) є підвищення технологічних параметрів литтєвої машини і економія полімерного матеріалу.

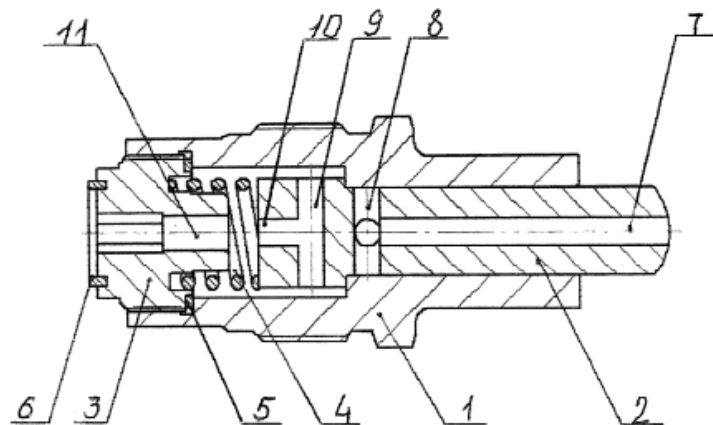
Це досягається тим, що отвори 4 напрямлені по відношенню до центрального отвору 2 і виконані конічними. За рахунок того, що отвори виконані конічними, відбувається додаткова підвищення тиску лиття, підвищення температури розплаву та швидкості заливки.



1 – корпус, 2 – центральний отвір, 3 – гільза, 4 – конічні отвори

Рисунок 3.1 – Сопло литтєвої машини для переробки пластмас

Сопло (рис. 3.2) [6] працює наступним чином. Матеріальний циліндр литтєвої машини з встановленим в ньому соплом подається вперед до упору з формою, при цьому плунжер сопла 2, встановлений в корпусі 1, зміщується назад до упору з заглушкою 3, стискаючи пружину 4, і відкриває прохід розплаву, що подається під тиском через канали 11, 10, 9, 8, 7. Після заповнення форми матеріальний циліндр з соплом відводиться назад. Пружина 4 переміщує плунжер 2 вперед, у вихідне положення, закриває канал 8, запобігаючи витік матеріалу. Сопло підготовлено до наступного циклу.

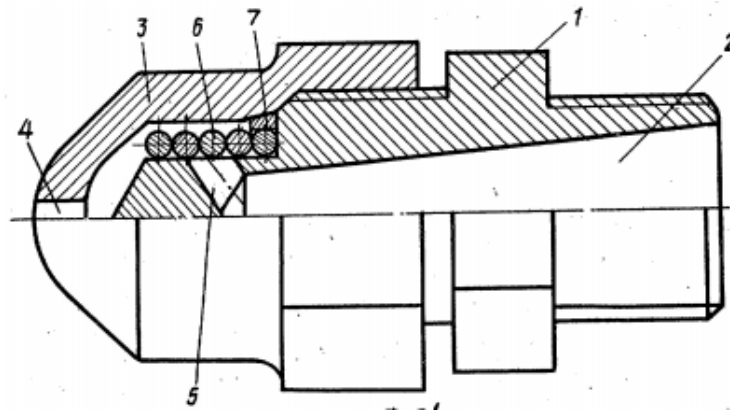


1 – корпус, 2 – плунжер, 3 – заглушка, 4 – пружина, 5, 6 – герметизуючі кільця, 7, 8, 9, 10, 11 – канали

Рисунок 3.2 – Сопло самозакриваюче для заповнення форм

Метою винаходу [7] є підвищення надійності роботи сопла, спрощення його конструкції і переналадки.

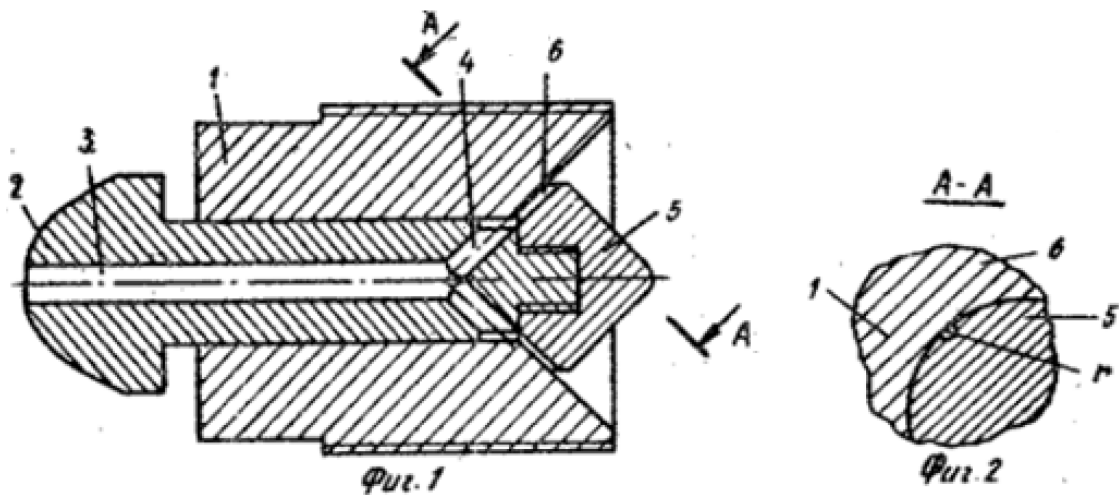
Сопло (рис. 3.3) працює наступним чином. Його встановлюють в нагрівальний циліндр литтєвої машини. При заливці прес-форми розплав під тиском поступає в розміщений по центральній осі канал 2 корпуса 1 сопла, далі проходить через розводящі канали 5 і давить на пружинний елемент 6, встановлений на поверхні корпуса 1 в місці виходу розводящих каналів 5 з їхнім перекриттям. Під дією тиску розплаву витки пружини розходяться і розплав поступає через вихідний канал 4 наконечника 3 в прес-форму.



1 – корпус, 2 – канал, 3 – наконечник, 4 – вихідний канал, 5 – розводящі канали, 6 – пружина, 7 – прижимне кільце

Рисунок 3.3 – Сопло литтєвої машини для пластмас

Технічне рішення [8] працює наступним чином (рис. 3.4). При вприску перероблюваного матеріалу в форму сопло прижимається передньою частиною клапана 2 і переміщується вправо відносно корпуса 1, відкриваючи канал 4 для проходження матеріалу в форму. При наборі нової дози для вприску клапан 2 під тиском матеріалу переміщається вліво і перекриває канал 4 так, що конус 5 прижимається до корпуса 1. При цьому витрата матеріалу через канал 6 дуже мала, так як при наборі нової дози тиск невеликий.



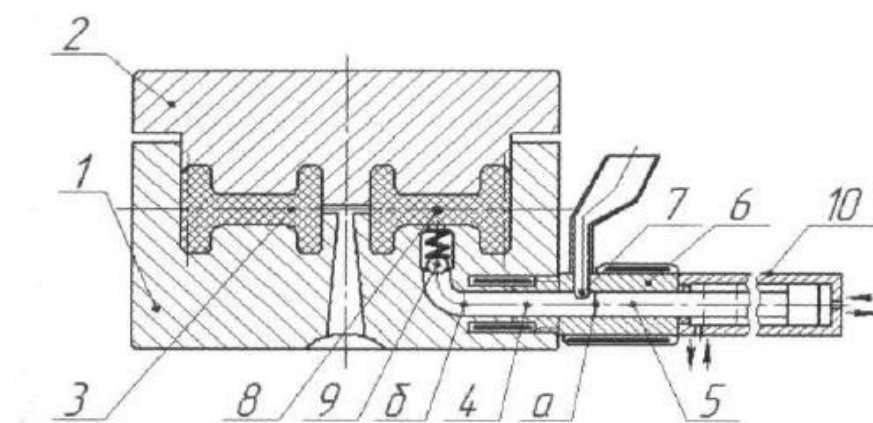
1 – корпус, 2 – клапан, 3, 4, 6 – канали, 5 – конус

Рисунок 3.4 – Сопло литтєвої машини для полімерів

Корисна модель [9] належить до обладнання для виготовлення виробів з полімерних матеріалів із закладними деталями методом лиття під тиском.

Прес-форма працює таким чином. Закладна деталь 8 разом із сумішшю розплаву полімеру, що є матрицею, подається в порожнину завантажувального пристрою 7, в якій знаходиться у вихідному положенні а плунжер 5 інжекційного механізму 6. Підготовлена порція розплаву полімеру з певним тиском впорскується у формуючу порожнину 3 прес-форми. Далі суміш розплаву полімеру разом із закладними деталями 8 з завантажувального пристрою 7 потрапляє в робочу камеру плунжера 5 інжекційного механізму 6. У цей момент тиск в формуючій порожнині 3 зменшується, після чого за допомогою приводу 10 плунжер 5 переміщує суміш розплаву полімеру із закладними деталями 8 з положення а в положення б. Суміш розплаву полімеру із закладними деталями при цьому проходить через зворотний клапан 8, який запобігає потраплянню основного розплаву полімеру з формуючої порожнини 3 в отвір 4, і в результаті проникає в задану зону формуючої порожнини 3.

Завдяки використанню даної прес-форми забезпечується введення закладних деталей, які також можуть використовуватись як інтелектуальні датчики, у будь-якій заданій зоні пластмасових виробів.

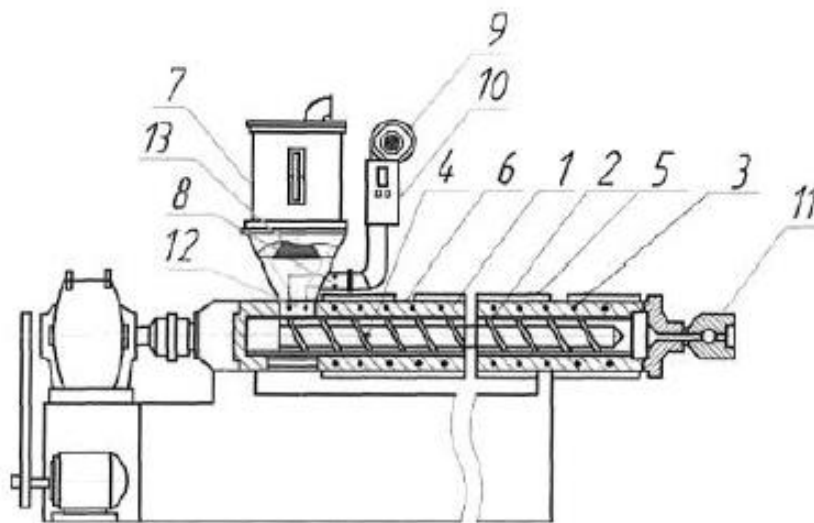


1 – матриця, 2 – пуансон, 3- формуюча порожнин, 4 – отвір, 5 – плунжер, 6 – інжекційний механізм, 7 – завантажувальний пристрій, 8 – закладні деталі, 9 – зворотний клапан, 10 – привід

Рисунок 3.5 – Прес-форма для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями

Винахід [10] належить до обладнання хімічного машинобудування і призначений для використання при виробництві полімерних матеріалів (рис. 3.6). Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів містить теплообмінний пристрій, що складений з матеріального циліндра з електронагрівачами, закритими зовні теплоізоляційним кожухом, бункера, забезпеченого вентилятором, системою контролю і регулювання температури повітря. В корпусі матеріального циліндра під теплоізоляційним кожухом розміщений теплообмінний пристрій, виконаний у вигляді спіральної трубки для відбору тепла, що закріплений ззовні до корпусу циліндра, та вбудований в трубопровід, який з'єднаний з завантажувальним бункером.

Технічний результат: інтенсифікація процесу підігріву та підсушування сировини, покращення якості виробів.



- 1 – циліндр, 2 – робоча камера, 3 – теплообмінний пристрій, 4 – шнек,
 5 – електронагрівачі, 6 – теплоізоляційний кожух, 7 – завантажувальний
 пристрій, 8 – трубопровід, 9 – вентилятор, 10 – система контролю і регулювання,
 11 – формуюча головка, 12 – завантажувальний отвір

Рисунок 3.6 – Теплообмінний пристрій екструдера

В гідромеханічному пристрої змикання півформ [11] замковий пристрій виконаний у вигляді силової гайки 8, різьбових з'єднань пов'язаної з силовою

втулкою 9 і жорстко з'єднаної з зубчастим колесом 16 внутрішнього зачеплення через шестерню 15, закріплену на торцевій поверхні кришки полого корпусу, пов'язаного з зубчастим колесом зовнішнього зачеплення.

Метою є спрощення конструкції і скорочення часу технологічного циклу змикання півформ.

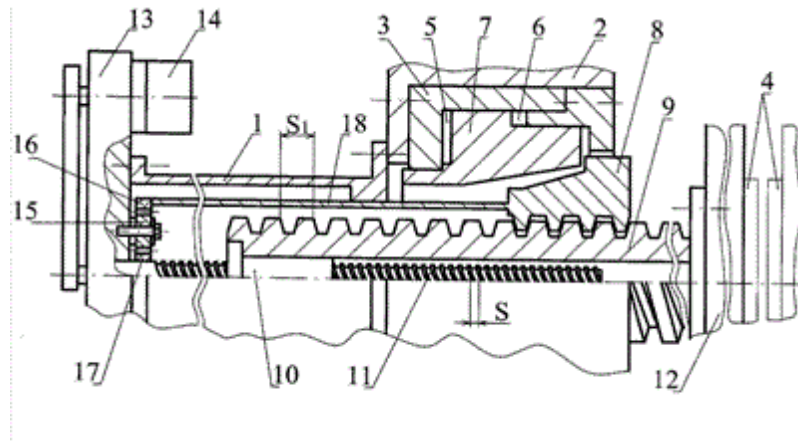


Рисунок 3.7 – Поздовжній розріз замкового пристрою у вихідній позиції рухомої плити

Винахід [12] відноситься до закриваючого вузла литтєвої машини.

На рис. 3.8 показано варіант закривання півформ 1, що має 4 направляючі колони. Самі колони з одної сторони виконані з виступами і впадинами. Завдяки цьому замковий пристрій 12, що складається з 2 «напівгайок» і які мають такий же ж профіль, чітко входить в пази колон при змиканні. Пристрій працює від електричного привода 8, що закріплений на рухомій плиті 2. Важільний механізм 13 з'єднує між собою замкові пристрої на різних колонах. Також на кресленні показано прижимний пристрій 15 у вигляді гідроциліндра.

На рис. 3.9 показано сам замковий пристрій 6 в відкритому (а) і закритому (б) вигляді. Він складається з 2 частин 12, кожна з яких має внутрішній профіль 7. Відкривається і закривається цей замок за допомогою електродвигуна 8, який передає зусилля через ексцентрикові вали 9 і штанги.

Технічною задачею є чітке запирання півформ і можливість при необхідності під час охолодження знизити тиск в гідроциліндрі управління

рухомої плити. Також при підведенні рухомої плити, вона не контактує з колонами, тобто немає тертя між ними. Це в свою чергу зменшує енерговитрати.

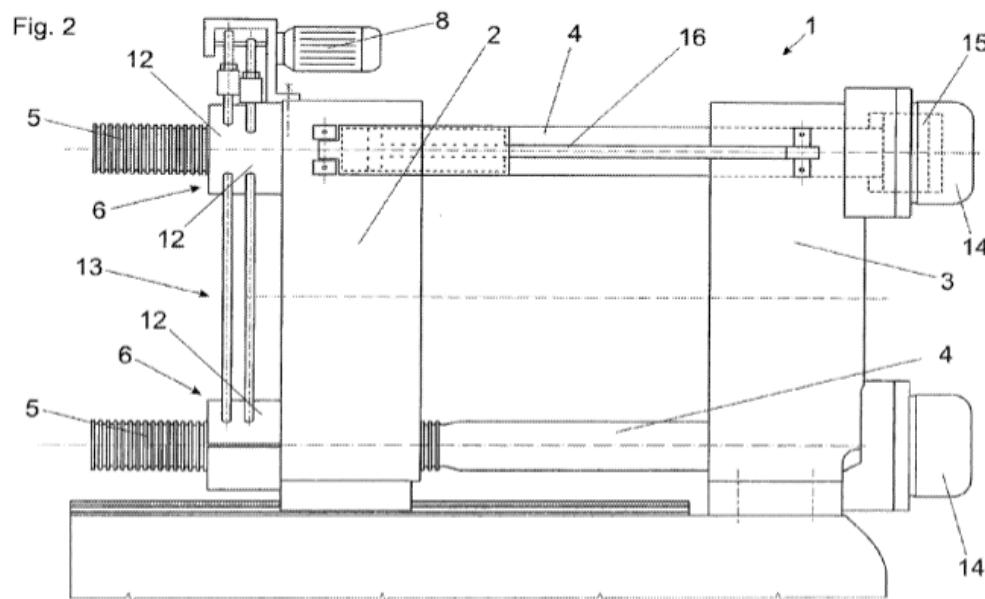


Рисунок 3.8 – Механізм закриття півформ з замковим механізмом

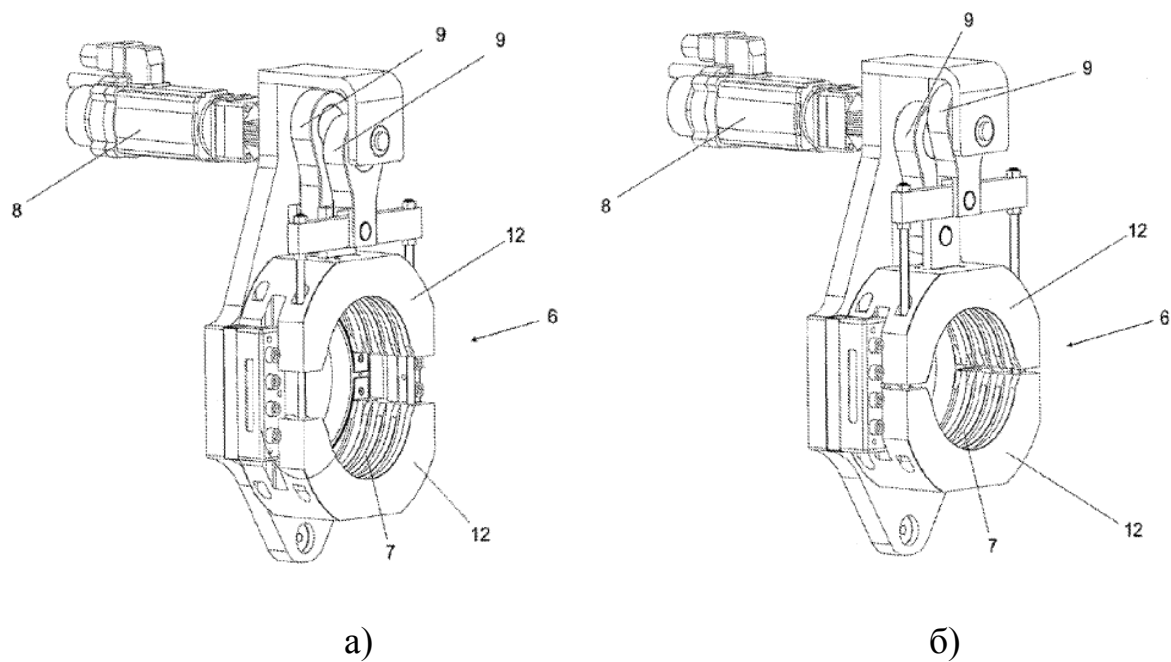


Рисунок 3.9 – Замковий механізм у відкритому (а) і закритому вигляді (б)

4 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ МОДЕРНІЗАЦІЙ

Аналіз розглянутих технічних рішень, показав, що для вирішення мети роботи доцільно використати технічні рішення [5] і [12].

Перший винахід дозволяє покращити технологічні характеристики лиття із зменшенням витрат на матеріал. Таким чином вдалося досягти економічного ефекту.

Результатом [12] є чітке і надійне запирання пресформи, простоту та швидкість змикання, зменшення енерговитрат на переміщення пресформи. Це дозволяє суттєво зменшити кількість браку і знову ж таки підвищити економічну ефективність.

Висновки:

- проведено літературно-патентний огляд;
- розглянуто і описано 8 технічних рішень;
- взято 2 винаходи для подальшої модернізації ТПА.

5 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ

5.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Мета – розрахувати геометричні параметри черв'яка.

Вихідні дані:

- діаметр черв'яка $D = 45$ мм;
- відношення довжини робочої частини черв'яка до його діаметра $L/D=20$.

Розрахунок проводимо геометрії черв'яка згідно з [3] :

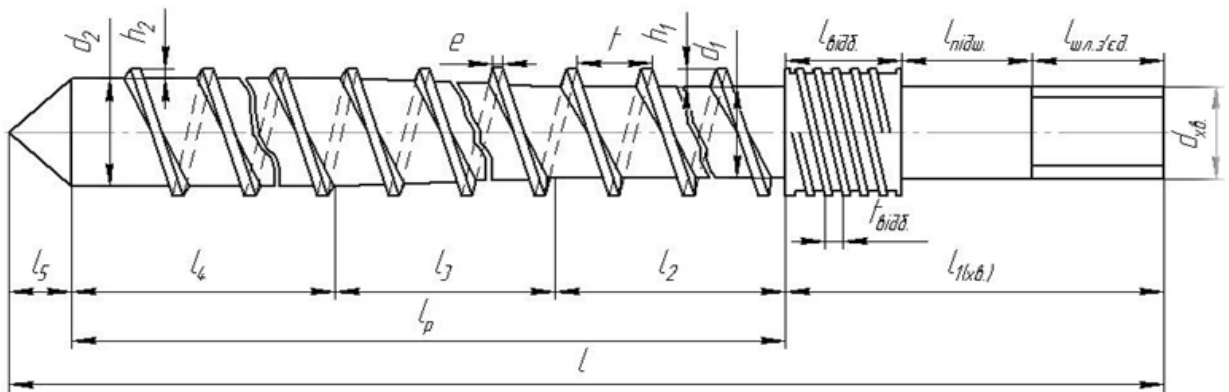


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема

Робоча довжина черв'яка:

$$L = D \cdot (L/D) = 45 \cdot 20 = 900 \text{ мм.} \quad (5.1)$$

Довжина шліцевої частини черв'яка:

$$L_{\text{шл}} = (1.25 \dots 1.5) D = 1.33 \cdot 45 = 60 \text{ мм.} \quad (5.2)$$

Довжина підшипника циліндричної частини черв'яка:

$$L_n = (1.5 \dots 2) D = 1.7 \cdot 45 = 76.5 \text{ мм.} \quad (5.3)$$

Довжина нарізної відбійної частини черв'яка:

$$L_n = 0.3D = 0.3 \cdot 45 = 13.5 \text{ мм.} \quad (5.4)$$

Довжина хвостової частини черв'яка:

$$L_{\text{хв}} = L_{\text{шл}} + L_n + L_n = 60 + 76.5 + 13.5 = 150 \text{ мм} \quad (5.5)$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L + L_{\text{хв}} = 900 + 150 = 1050 \text{ мм} \quad (5.6)$$

Довжина зони дозування L_d :

$$L_d = 0.4 \div 0.6 L = 0.4 \cdot 900 = 360 \text{ мм.} \quad (5.7)$$

Довжина зони завантаження L_z :

$$L_z = 0.25 \div 0.35 L = 0.3 \cdot 900 = 270 \text{ мм.} \quad (5.8)$$

Довжина зони пластикації $L_p > 0.2 L$:

$$L_p = L - L_d - L_z = 900 - 360 - 270 = 270 \text{ мм} \quad (5.9)$$

$$270 > 0.2 \cdot 900 = 180 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

Крок нарізки витків t (в середньому $t = D$):

$$t = 0.8 \div 1.2 D = 1 \cdot 45 = 45 \text{ мм.} \quad (5.10)$$

Ширина витка e :

$$e = 0.08 \div 0.12 D = 0.12 \cdot 45 = 4.5 \text{ мм.} \quad (5.11)$$

Глибина нарізки в зоні завантаження h_1 :

$$h_1 = 0.1 \div 0.14 D = 0.12 \cdot 45 = 5.4 \text{ мм.} \quad (5.12)$$

Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження d_1 :

$$d_1 = D - 2 h_1 = 45 - 2 \cdot 5.4 = 34.2 \text{ мм.} \quad (5.13)$$

Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$\begin{aligned} h_2 &= 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] \\ &= 0,5 \cdot \left[45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 5.4}{2,35} (45 - 5.4)} \right] = 2.1 \text{ мм} \end{aligned} \quad (5.14)$$

де i – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.

Приймаємо $i=2,35$ для полістиролу.

Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування d_2 :

$$d_2 = D - 2 h_2 = 45 - 2 \cdot 2.1 = 40.8 \text{ мм.} \quad (5.15)$$

Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ :

$$\delta = 0.002 \div 0.003 D = 0.0025 \cdot 45 = 0,135 \text{ мм.} \quad (5.16)$$

5.2 Продуктивність термопластавтомата

Мета — визначення максимальної продуктивності ТПА при переробці полістиролу(ПС).

Вихідні дані:

- максимальна хід плити $H_{пл} = 0.45\text{м}$;
- швидкість руху запираючого пристрою $v = 0.25 \text{ м/с}$;
- швидкість інжекції $v_{інж} = 0.05 \text{ м/с}$;
- швидкість пластикації $v_{пл} = 22 \text{ г/с}$;
- максимальний об'єм вприску $V_{\max} = 250 \text{ см}^3$;
- діаметр черв'яка $D = 45 \text{ мм}$;
- густина ПС $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$;
- гніздність форми $m = 1$.

Циклограма роботи базової машини:

Середній час охолодження виробу з ПС обираємо для максимального об'єму вприску [13, табл. 2.10]:

$$\tau_{ох} = 30 \text{ с} \quad (5.17)$$

Час вприску :

$$\tau_{впр} = \frac{h}{v_{інж}} = \frac{0.09}{0.05} = 1.8 \text{ с} \quad (5.18)$$

h – величина ходу черв'яка або та відстань на яку відійшов черв'як при наборі дози. Приймаємо:

$$h = (1 \dots 3) D = 2 \cdot 45 = 90 \text{ мм} \quad (5.19)$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{зм} = \tau_{розм} = \frac{H_{ходу}}{v} = \frac{0.45}{0.25} = 1.8 \text{ с} \quad (5.20)$$

Час виштовхування беремо приблизно 3с. $\tau_{\epsilon} = 3\text{с}$.

Час циклу:

$$\tau = \tau_{ох} + \tau_{впр} + \tau_{в} + 2 \cdot \tau_{зм} = 30 + 1.8 + 3 + 2 \cdot 1.8 = 38.4 \text{ с} \quad (5.21)$$

Тоді вагова продуктивність буде дорівнювати:

$$П = \frac{V_{мах} \cdot \rho}{\tau} \cdot 3600 = \frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1040}{38.4} \cdot 3600 = 24,4 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (5.22)$$

Штучна продуктивність:

$$П_{шт} = \frac{m}{\tau} \cdot 3600 = \frac{1}{38.4} \cdot 3600 = 93 \frac{\text{шт}}{\text{год}} \quad (5.23)$$

З характеристики базової машини маємо швидкість пластикації 22 г/с.

Звідси вираховуємо час пластикації для максимального об'єму вприску:

$$\tau_{пл} = \frac{V_{мах} \cdot \rho}{v_{пл}} = \frac{250 \cdot 1,04}{22} = 12 \text{ с} \quad (5.24)$$

Тоді пластикаційна продуктивність черв'яка дорівнює:

$$П_{чер} = \frac{V_{мах} \cdot \rho}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1040}{12} \cdot 3600 = 78 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (5.25)$$

5.3. Розрахунок потужності електродвигуна термопластавтомата

Мета розрахунку: визначити потужність електродвигуна ТПА

Вихідні дані:

- крок гвинтової нарізки черв'яка	$t = 45 \text{ мм}$
- зовнішній діаметр черв'яка	$D = 45 \text{ мм}$
- тиск на виході із зони дозування	$P = 40 \text{ Па}$
- діаметр сердечника в зоні завантаження	$d_1 = 34.2 \text{ мм}$
- діаметр сердечника в зоні дозування	$d_2 = 40.8 \text{ мм}$
- глибина нарізки в зоні завантаження	$h_1 = 5.4 \text{ мм}$
- глибина нарізки на початку зони дозування	$h_2 = 2.1 \text{ мм}$
- довжина зони дозування	$L_d = 360 \text{ мм}$
- ширина гребня витка черв'яка	$e = 4.5 \text{ мм}$
- число заходів черв'яка (однозаходний)	$\varepsilon = 1$
- радіальний зазор	$\delta = 0,135 \text{ мм}$
- швидкість обертання черв'яка	$n = 180 \text{ об/хв}$
- тиск в зоні дозування	$P = 40 \text{ МПа}$

Потужність електродвигуна дорівнює:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (5.26)$$

де N_1 – потужність, яка витрачається в каналі гвинтової нарізки та дорівнює:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_d \cdot J \cdot \mu_1 \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-6} \cdot \alpha \cdot P \cdot n}{6} \quad (5.27)$$

N_2 – потужність, що витрачається в зазорі між гребнями черв'яка і корпусом:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e \cdot L \cdot D^3 \cdot \mu_2 \cdot n^2}{36t\delta} \quad (5.28)$$

де μ – ефективна в'язкість матеріалу в каналі, Па·с;

α - коефіцієнт прямого потоку, мм³;

J – коефіцієнт, що обчислюється за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_2} = \frac{3.14^2 \cdot 45^2 - 4 \cdot 45^2}{3.14^2} +$$

$$+ \frac{(45 - 40.8) \cdot (45 + 34.2)}{3 \cdot (40.8 - 34.2)} + \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 45^5}{(45 + 3.14^2 \cdot 45^2) \cdot (5.4 - 2.1)} \cdot \lg \frac{5.4}{2.1} = 2.7 \cdot 10^4 \quad (5.29)$$

Коефіцієнт α розраховується за формулою:

$$\alpha = \frac{\pi^3 (t - \varepsilon e) \sigma}{a + t^2 b}, \quad (5.30)$$

де:

$$\sigma = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2} = 1 + \frac{45^2}{2 \cdot 2.1^2} = 230 \quad (5.31)$$

$$a = \frac{\pi^3}{h_2^2} \left(\frac{D}{h_2^2} - 1 \right) = \frac{\pi^3}{2.1^2} \left(\frac{45}{2.1^2} - 1 \right) = 64.6 \text{ мм}^{-2} \quad (5.32)$$

$$b = \frac{h_2 + D}{D^2 h_2^3} = \frac{2.1 + 45}{45^2 \cdot 2.1^3} = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^{-4} \quad (5.33)$$

Знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{\pi^3 (45 - 1 \cdot 4.5) \cdot 230}{64.6 + 45^2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}} = 4140 \text{ мм}^3; \quad (5.34)$$

Знайдемо значення γ_K швидкості зсуву для визначення ефективної

в'язкості в каналі екструдера:

$$\gamma_1 = \frac{\pi^2(D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp})n}{60h_{cp}\sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 \cdot h_{cp})^2 - t^2}} = \frac{\pi^2(45 - 3.75) \cdot (45 - 2 \cdot 3.75)180}{60 \cdot 3.75\sqrt{\pi^2 \cdot (45 - 2 \cdot 3.75)^2 - 45^2}} =$$

$$= 112 \text{ c}^{-1} \quad (5.35)$$

По графіку залежності $\mu = f(\gamma)$ [15] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_1 = 600 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (5.36)$$

Тоді потужність в каналі:

$$N_1 = \frac{10^{-13}\pi^3(45 - 4.5) \cdot 360 \cdot 2.7 \cdot 10^4 \cdot 600 \cdot 180^2}{36 \cdot 45} + \frac{10^{-6} \cdot 4140 \cdot 40 \cdot 180}{6} =$$

$$= 6.42 \text{ кВт} \quad (5.37)$$

Знайдемо значення швидкості зсуву в зазорі між гребнями черв'яка і корпусом:

$$\gamma_2 = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 \cdot \delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{\pi^2 \cdot 45^2 \cdot 180}{60 \cdot 0.135 \sqrt{\pi^2 45^2 + 45^2}} = 2990 \text{ c}^{-1} \quad (5.38)$$

По графіку залежності $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_2 = 40 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (5.39)$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13}\pi^3 \cdot 4.5 \cdot 360 \cdot 45^3 \cdot 40 \cdot 180^2}{36 \cdot 45 \cdot 0.135} = 2.72 \text{ кВт} \quad (5.40)$$

Загальна потужність, що використовується в зоні дозування дорівнює:

$$N_d = N_1 + N_2 = 6.42 + 2.72 = 9.14 \text{ кВт} \quad (5.41)$$

Враховуючи коефіцієнт корисної дії (ККД) машини ($\eta = 0.5$), то потужність електродвигуна дорівнює:

$$N = \frac{N_d}{\eta} = \frac{9.14}{0.5} = 18.28 \text{ кВт} \quad (5.42)$$

По отриманим розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4А160М4У3 [16] потужністю $N=18.5$ кВт; з синхронною частотою обертання – 1500 об/хв.

5.4 Розрахунок черв'яка на стиск

Мета – визначення працездатності черв'яка. Розрахунки проведені згідно [3].

Вихідні дані:

- | | |
|--|--------------------|
| - потужність, яка споживається черв'яком | $N=18.5$ кВт; |
| - швидкість обертання черв'яка | $n = 180$ об/хв; |
| - зовнішній діаметр черв'яка | $d = 0,045$ м; |
| - маса черв'яка | $G \approx 12$ кг; |
| - довжина робочої частини | $l_p = 0.9$ м; |
| - діаметр осердя в зоні завантаження | $d_0 = 0.0342$ м |

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля $P_{ос.}$;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги q ;
- обертовий момент $M_{об.}$

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 18.5}{180} = 982 \text{ Нм} \quad (5.43)$$

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{d} = \frac{2 \cdot 982}{0.045} = 43.6 \text{ кН} \quad (5.44)$$

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.5.2.

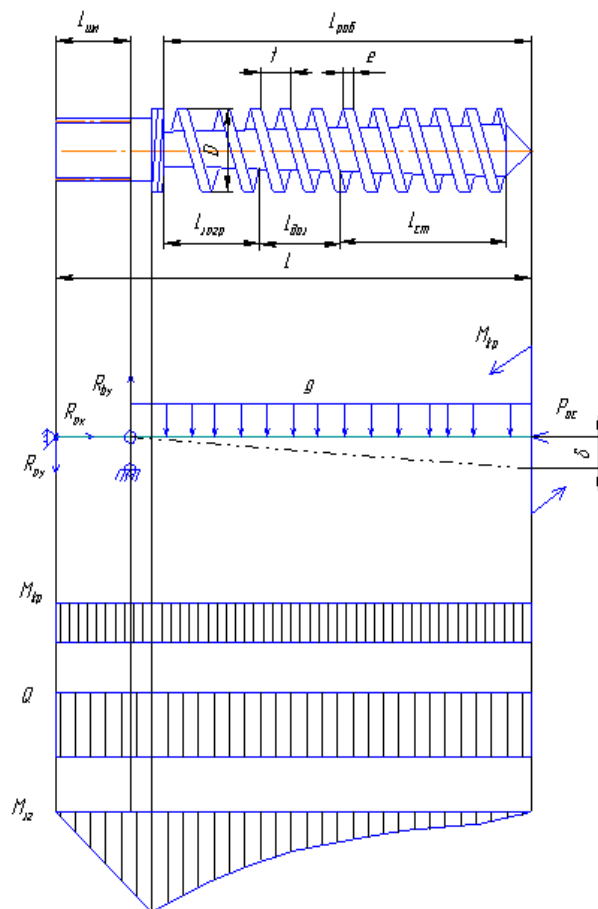


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 12}{0.9} = 131 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (5.45)$$

Максимальний обертовий момент:

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 131 \cdot 0.9^2 = 53 \text{ Нм} \quad (5.46)$$

Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - z^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3(1 - 0.76^4)}{32} = 5.9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (5.47)$$

де z – відношення діаметра осердя в зоні завантаження до зовнішнього діаметра черв'яка:

$$z = \frac{d_0}{d} = \frac{0.0342}{0.045} = 0.76 \quad (5.48)$$

Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{43.6 \cdot 10^3}{1.06 \cdot 10^{-3}} + \frac{53}{5.9 \cdot 10^{-6}} = 50.1 \text{ МПа} \quad (5.49)$$

де F - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площа):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2(1 - z^4)}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.045^2(1 - 0.76^4)}{4} = 1.06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (5.50)$$

Дотичне напруження дорівнює:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{982}{1.2 \cdot 10^{-5}} = 81.8 \text{ МПа} \quad (5.51)$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - z^4)}{16} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3 (1 - 0.76^4)}{16} = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (5.52)$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{50.1^2 + 4 \cdot 81.8^2} = 171 \text{ МПа} \quad (5.53)$$

Коефіцієнт запасу :

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{700}{171} = 4.1 \quad (5.54)$$

Матеріал черв'яка сталь 40Х, для якої межа текучості $\sigma_t=700$ МПа. Умова міцності черв'яка виконується.

5.5 Розрахунок черв'яка на кручення

Мета – перевірити запас черв'яка на кручення.

Вихідні дані:

- межа втоми при крученні для сталі 40Х $\tau_1=210 \cdot 10^6$ Па;
- коефіцієнт стану поверхні $\beta = 0.9$;
- ефективний коефіцієнт концентрації напружень $K_t=1.9$;
- коефіцієнт, що враховує вплив змінної складової напруження $\varepsilon_t=0.59$;
- коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження $\xi = 0.05$;
- відношення діаметра осердя в зоні завантаження до зовнішнього діаметра черв'яка $z = 0.76$;
- радіус черв'яка в зоні завантаження $R=0.0171$ м.

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$n_{кр} = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{K_t}{\beta \cdot \varepsilon_t} + \xi \right)} = \frac{210 \cdot 10^6}{31.5 \cdot 10^6 \left(\frac{1.9}{0.9 \cdot 0.59} + 0.05 \right)} = 1.9 \quad (5.55)$$

Розрахункове напруження кручення розраховується за формулою:

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{2W_{ro}} = \frac{982}{2 \cdot 1.56 \cdot 10^{-5}} = 31.5 \text{ МПа} \quad (5.56)$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка

$$W_{ro} = 2 \frac{I}{R} = 2 \frac{1.34 \cdot 10^{-7}}{0.0171} = 1.56 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (5.57)$$

Полярний момент інерції перетину черв'яка:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 (1 - z^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot 0.045^4 (1 - 0.76^4)}{64} = 1.34 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 \quad (5.58)$$

Підставивши всі значення в формулу (1.55), отримуємо запас міцності 1.9, що задовольняє умови.

5.6 Тепловий розрахунок термопластавтомата

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, N , кВт	18.5;
Пластичаційна продуктивність черв'яка, $П_{чЕР}$, кг/год	78;
Початкова температура матеріалу, $T_{П}$, К,	293;

Кінцева температура матеріалу, T_K , К	473;
Температура поверхні кожуха, $T_{КОЖ}$, К	318;
Температура повітря, $T_{ПОВ}$, К	293;
Діаметр теплообмінної поверхні, $D_{П}$, м	0.085;
Довжина теплообмінної поверхні, L , м	0.8;
ККД приводу преса, η_1	0,75;
ККД електродвигуна, η_2	0,9;
Коефіцієнт теплоємності полістиролу, C кДж/(кг·К)	1.1;
Ступінь чорноти матеріалу кожуха, E	0.6;

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_H = P_{ЧЕР} \cdot C_M \cdot (T_K - T_{П}) + Q_{втр}, \quad (5.59)$$

де Q_N – кількість теплоти, яка виділяється при використанні потужності двигуна:

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 18.5 \cdot 0.75 \cdot 0.9 = 12,5 \text{ кВт} \quad (5.60)$$

$Q_{втр}$ – втрати теплоти в оточуюче середовище:

$$Q_{втр} = Q_k + Q_{випр} \quad (5.61)$$

де Q_k – втрати теплоти в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{КОЖ} - T_{ПОВ}) \quad (5.62)$$

де F – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = \pi \cdot D_{П} \cdot L = 3,14 \cdot 0.085 \cdot 0.8 = 0.133 \text{ м}^2 \quad (5.63)$$

де α_k – коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}} \quad (5.64)$$

де Nu – критерій Нуссельта, λ_m – коефіцієнт теплопровідності при середній температурі.

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Cr \cdot Pr)_m^n, \quad (5.65)$$

де Cr – критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot d^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_m^2} \quad (5.66)$$

Розрахункова температура:

$$T_p = \frac{T_{\text{КОЖ}} + T_{\text{ПОВ}}}{2} = \frac{318 + 293}{2} = 305,5 \text{ К} = 32,5 \text{ C}^\circ \quad (5.67)$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі [14]:

$\lambda_m = 0,0266 \text{ Вт/(м·К)}$ – коефіцієнт теплопровідності;

$\nu_m = 16,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості;

$Pr = 0.7$ – критерій Прандтля.

Знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot d^3 \cdot g \cdot (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}})}{\mu^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,085^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{12}}{16,2^2} (318 - 293) = 1,9 \cdot 10^6 \quad (5.68)$$

де $d = D_{\Pi} = 0,085$ м – діаметр теплообмінної поверхні.

Добуток $Gr \cdot Pr$ дорівнює:

$$Gr \cdot Pr = (1,9 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 1,3 \cdot 10^6 \quad (5.69)$$

Знаходимо критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,54 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25} = 0,54 \cdot (1,3 \cdot 10^6)^{0,25} = 18,2 \quad (5.70)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище визначається за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{D_{\Pi}} = \frac{18,2 \cdot 0,0266}{0,085} = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.71)$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище конвекцією визначаються за формулою:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_{\text{пов}}) = 5,7 \cdot 0,133 (318 - 293) = 19 \text{ Вт} \quad (5.72)$$

Втрати теплоти в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 E F \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,133 \left(\left(\frac{318}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 13 \text{ Вт} \quad (5.73)$$

T_1 – температура кожуха, °C;

T_2 – температура оточуючого середовища, °C;

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}} = 19 + 13 = 32 \text{ Вт} \quad (5.74)$$

Кількість теплоти, яка підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$\begin{aligned} Q_{\text{н}} &= P_{\text{чер}} C_{\text{м}} (T_{\text{к}} - T_{\text{п}}) + Q_{\text{втр}} - Q_{\text{Н}} = 78 \cdot 1.1 (473 - 293) + 32 - 12500 = \\ &= 2,9 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (5.75)$$

Таким чином, для нагрівання полістиролу до заданої температури на корпусі інжекційного механізму встановлено 3 індукційних нагрівача потужністю 1 кВт.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відповідно до закону України про охорону праці для обслуговуючого персоналу необхідно розробити безпечні не шкідливі умови праці для персоналу на підприємствах[17]. Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, правильну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил.

Розробка комплексу питань з охорони праці є обов'язковою вимогою відповідно до теми дипломного проекту термопластавтомат з модернізацією сопла.

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 20м, Шириною 10м, висотою 6м.

При обслуговуванні ТПА можуть виникнути наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- вплив механізмів, які рухаються;
- пожежна безпека;
- виробничий шум.

6.1 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує термопластавтомат відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год.

У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для приточування повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією приточування, а віддаляється витяжкою, що працюють одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - з верхньої зони приміщення ділянки.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запилене повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ12.1.005-88.

У цеху також встановлена система опалення та кондиціонер.

Всі проведені заходи забезпечують у виробничому приміщенні такі параметри повітря:

- температура повітря в робочій зоні в холодний період року складає: 20-23 оС – допустима і 19-21 оС – фактична, а в теплий період: 22-25 оС та 21-23 оС відповідно;

- відносна вологість складає 40-60%;

- швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

- ГДК пилу 6 мг/м³ – допустима, 2 мг/м³ – фактична.

6.2 Електробезпека

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування термопластавтоматом, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга $U = 220/380$ В, з частотою $f = 50$ Гц із глухо-заземленою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;

- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання. Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються, як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки знаходяться в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачати затисками для підключення занулення.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на напрузі $U=200$ В з частотою $f=50$ Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Забезпечення електробезпеки при проектуванні апаратів для даної лінії є дуже важливим чинником, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу в виробничих умовах.

6.3 Пожежна безпека

Серед причин, що можуть викликати загорання, найбільш імовірними є такі:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання і навантаження кабелів живлення;

- загорання ізоляції електропроводки;
- використання вогню в неналежному місці.

Технологічний процес виробництва деталей з композиційних матеріалів відноситься до категорії В (ОНТП-24-86) .

Запобігання пожежі забезпечується такими мірами:

- дотриманням технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- палінням тільки у відведених для цього місцях;
- своєчасним проведенням інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організацією агітації по протипожежній безпеці;
- наявністю засобів сигналізації, зокрема, системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) і засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявністю засобів пожежегасіння в безпосередній близькості від установки (пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загорання при виключеному та включеному (до 1000В.) електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (6 шт.) та порошкові ОП-10 (3 шт.).

У приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів одне від одного повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу повинна бути не більше 40 метрів.

Кількість виходів - не менше двох. Ширина дверей еваковиходу - 2 метри. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні.

Безпека технологічного процесу і обладнання: у випадку підвищення допустимих робочих параметрів ТПА спрацьовують відповідні аварійні програми.

6.4 Виробничий шум

Шум, який виникає при роботі машини та іншого устаткування лінії, постійний. Основними джерелами шуму при роботі є електродвигуни, вали та черв'яки, що обертаються, та інше устаткування. За своєю природою шум у даному випадку механічний та гідродинамічний. Згідно нормам шуму для виробничих приміщень рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА. Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для цього використовують облицювання з перфорованим покриттям та плит. Для того щоб досягнути максимального ефекту вкриваємо не менше 60% внутрішньої площі шумопоглинаючим покриттям. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шуму вихлопу[11]. Звукоізолююча здатність дверного отвору приміщення повинна бути не нижче 30 дБА. Стіни і перекриття приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність 50 дБА і вище. Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.

6.5 Промислове освітлення

При недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників.

Для цеху висотою до 5 м, в якому знаходиться лінія, передбачено природне і штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходять лампи денного освітлення типу ЛД, мають більшу світову віддачу лампи накаливання (до 75 лм/вт), та більший термін використання (8-12 тис. год.). Світильники штучного освітлення мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, зручність обслуговування, безпечність, і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

У всіх виробничих приміщеннях має бути передбачено робоче і аварійне освітлення. Аварійне освітлення має забезпечувати спостереження за роботою під час раптового відключення робочого освітлення.

ТПА для виробництва деталей знаходиться в приміщенні довжиною 20м, Шириною 10м, висотою 6м.

Нормативна освітленість Ен-300 лк.

Встановлені світильники типу ЛДР з лампами ЛЕ (для нашого приміщення три ряди). В кожному ряду повний світловий потік ламп повинен складати $\Phi = 65000$ лм. Якщо прийняти світильники з двома лампами ЛБ-40, то необхідна кількість світильників в ряду 10, а в приміщенні 30.

Фактична освітленість Еф-315, що відповідає ДБНВ 2.5.2.8-2006

6.6 Небезпека впливу частин машини, що рухаються й обертаються

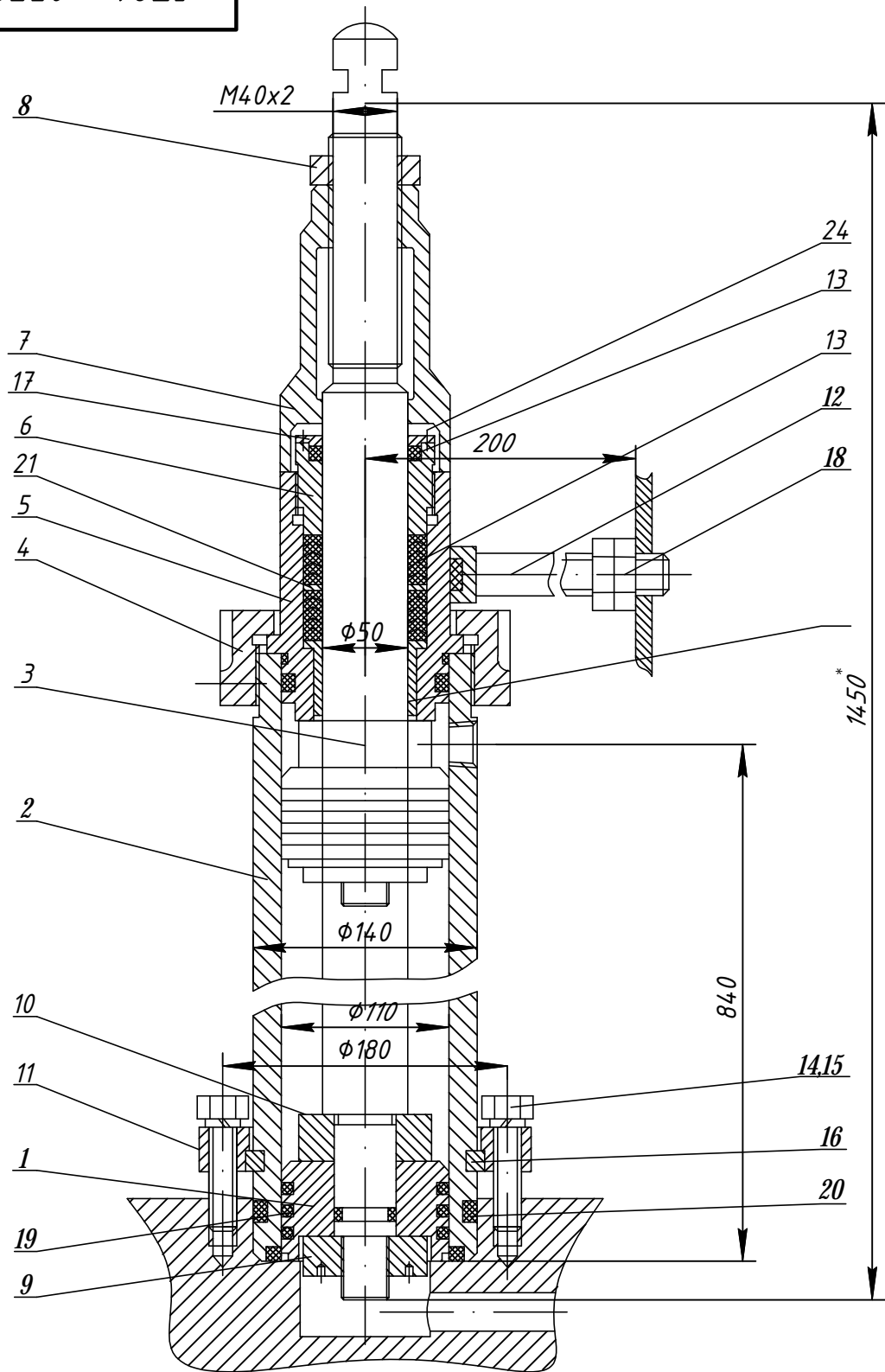
Механізмами, які обертаються є: корпус машини, вінцева і підвінцева шестерня, ролики, ролико-опори, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому, що можливе нанесення механічних травм і можуть спричиняти людську смерть. З метою запобігання травм на нових ТПА встановлена система зупинки машини, коли оператор відкриває захисну панель. Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні вимикачі. Але для більшої безпеки робітникам повинні бути видані індивідуальні засоби захисту:

- комбінезони для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук.

Висновки:

- розглянуто небезпечні виробничі ситуації;
- розроблено заходи для уникнення таких ситуацій для безпечної роботи працівників.

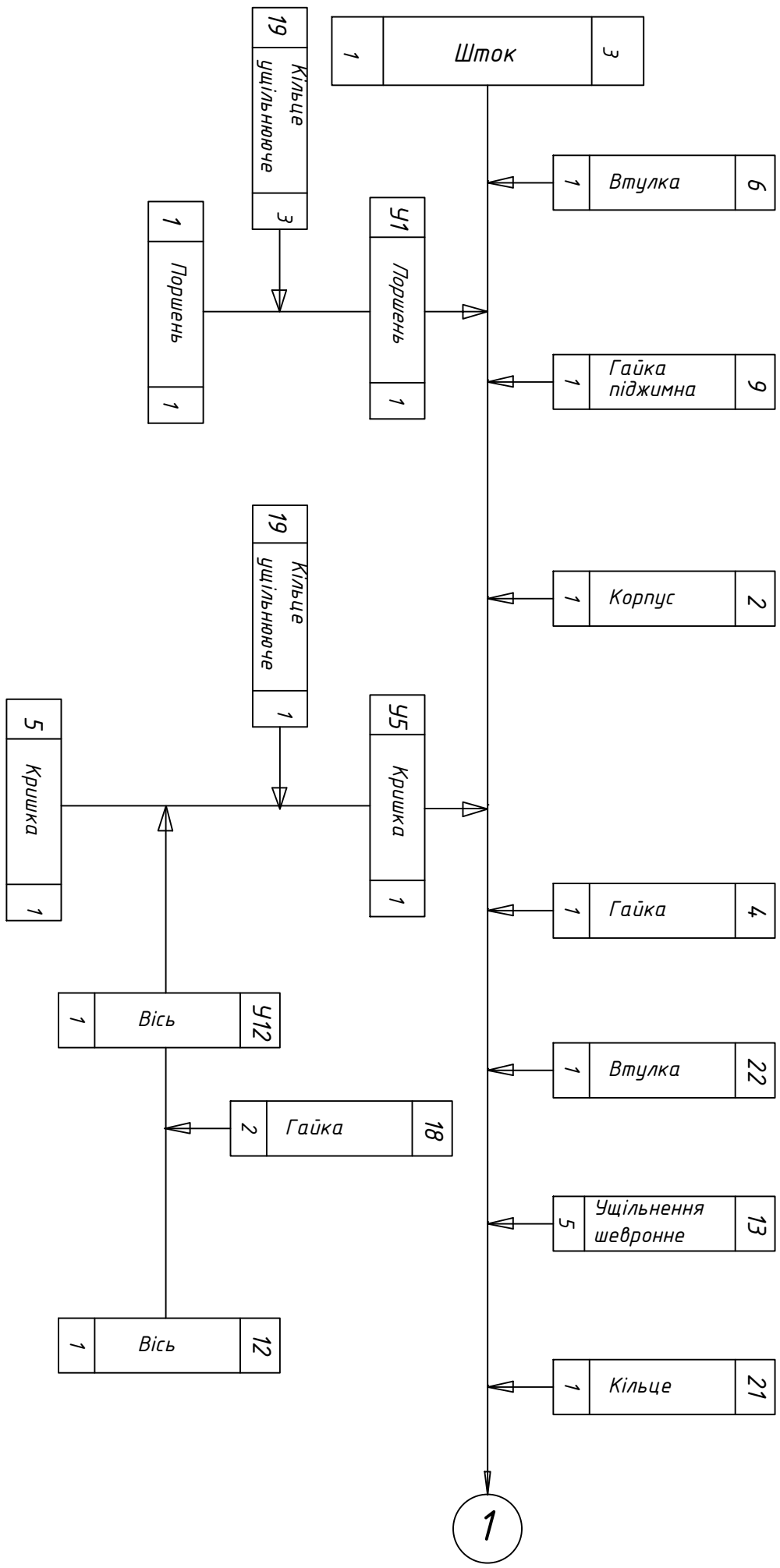
ЛП91мп.057242.001ТЕ



ЛП91мп.057242.001ТЕ					Гідроциліндр прижиму сопла		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Рогожинський						1:4
Пров.	Борщик				Лист	Листов	1
Т.контр.					КПІ ім. Ізгоря Сікорського		
Н.контр.							
Утв.							

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Замітки
				<u>Документація</u>		
A4			ЛП91мп.057242.001ТЕ	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛП91мп.057242.001	Поршень	1	
		2	ЛП91мп.057242.002	Корпус	1	
		3	ЛП91мп.057242.003	Шток	1	
		4	ЛП91мп.057242.004	Гайка	1	
		5	ЛП91мп.057242.005	Кришка	1	
		6	ЛП91мп.057242.006	Втулка різьбова	1	
		7	ЛП91мп.057242.007	Стакан	1	
		9	ЛП91мп.057242.008	Гайка піджимна	1	
		10	ЛП91мп.057242.010	Втулка	1	
		11	ЛП91мп.057242.011	Кільце	1	
		12	ЛП91мп.057242.012	Вісь	1	
		13	ЛП91мп.057242.013	Уцілювання шевронне	10	
		16	ЛП91мп.057242.016	Кільце Ø138x145	1	
		17	ЛП91мп.057242.017	Кришка	1	
		21	ЛП91мп.057242.021	КільцеØ50x60	1	
		22	ЛП91мп.057242.022	Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		8	ЛП91мп.057242.008	Гайка М40х2 ГОСТ 5915-62	1	
		14	ЛП91мп.057242.014	Болт М22х60 ГОСТ7805-62	4	
Зм.	Арк..	№докум.	Підпи с	Дата	ЛП91мп.057243.001ТЕ	
Розроб.	Рогожинський				Гідроциліндр прижиму сопла	
Перев.	Борицик					
Н.контр					<div>Літ</div> <div>Арк..</div> <div>Аркушів</div>	
Затв.						
					<div>1</div> <div>2</div>	<div>КПІ ім. Ігоря Сікорського</div>

[illegible]



1

5 13
Ущільнення
шевронне

5 6
Втулка
різьбова

1 23
Кільце
ущільнює

1 17
Кришка

4 24
Гвинт

1 7
Стакан

1 8
Гайка

Гідроциліндр
прижиму сопла

		Рогожинський		
		Борщик		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП91мп.057242.01-ТЕ

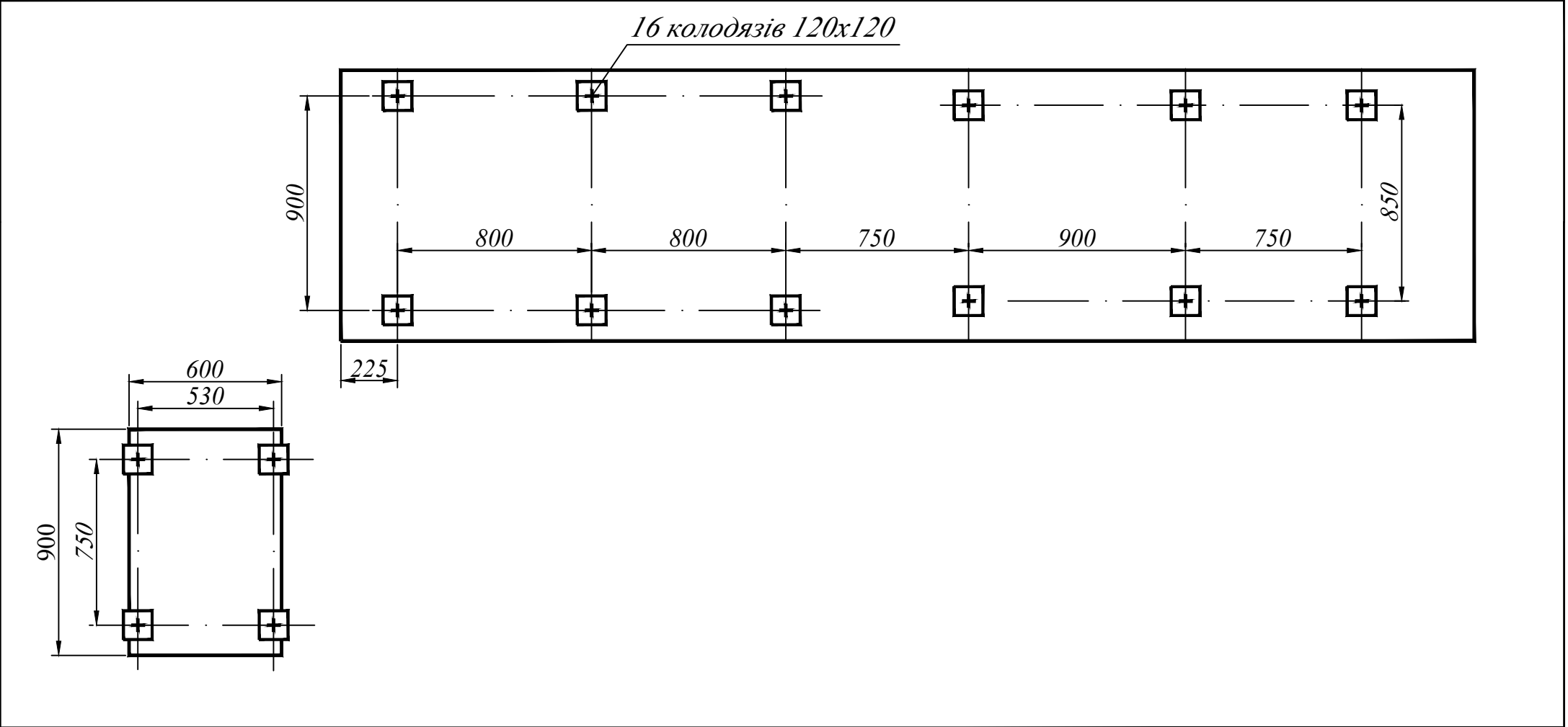
Арк.

2

Номер переходу	Операційна карта													
	Найменування операції					Обладнання								
	Зміст переходу					Технологічний режим		Кількість	Пристосування		Інструмент		То,хв	
1	На шток 3 надіти втулку 6. На поршень					Шток		1			Молоток		13	
	1 надіти кільця 19. Затягти гайкою 9.					Втулка		1			Викрутка			
	Шток вставити и корпус2					Поршень		1						
						Кільце		1						
						Гайка		1						
						Корпус		1						
2	На вісь 12 нагвинтити гайки 18.					Кришка		1			Ключ		20	
	У кришку 5 вставити кільце 19.					Вісь		1			роздвижний			
	Кришку 5 пригвинтити гайкою 4 до					Гайка		1						
	корпуса 2													
											Розроб.	Рогожинський	Арк.	
											Перев.	Борщик	1	
											Н.Контр.			
													Арк-в	
	Зм.	Арк	Ндокум.	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	Ндокум.	Підпис	Дата	Затв.			

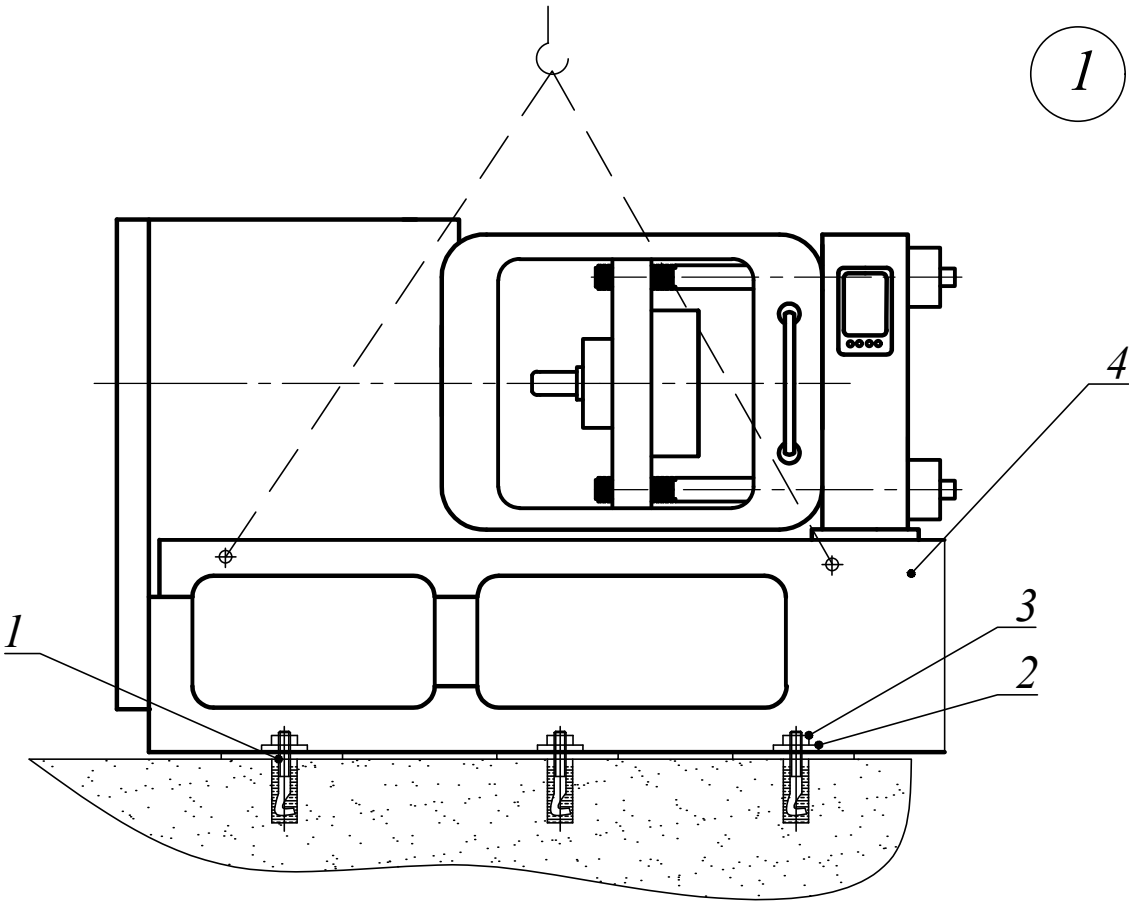
Номер переходу	Операційна карта													
	Найменування операції					Обладнання								
Зміст переходу					Технологічний режим		Кількість	Пристосування		Інструмент		То,хв		
3	На шток 3 надіти втулку 22, шевронні					Кільце		1			Викрутка		15	
	ущільнення 13 та кільце 21.					Втулка		1			Ключ			
	Все затягнути втулкою різьбовою 6.					Ущільнення шевронні		0			роздвижний			
						шевронні								
4	Між штоком 3 та втулкою різьбовою 6					Кільце		1			Викрутка		15	
	встановити кільце ущільнююче 23.					ущільнююче								
	Закрити кришкою 17 та загвинтити					Гвинт		4						
	гвинтами 24													
5	На шток 3 нагвинтити стакан 7 та					Стакан		1			Ключ S27		10	
	законтрити гайкою 8.					Гайка		1						
6	В ручну перевірити роботу гідроциліндра												10	
											Розроб.	Рогожинський	Арк.	
											Перев.	Борщик	2	
											Н.Контр.			
													Арк-в	
	Зм.	Арк.	Ндокум.	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	Ндокум.	Підпис	Дата	Затв.			

	Карта ескізів	Номер операції	
		План розміщення фундаментних болтів	



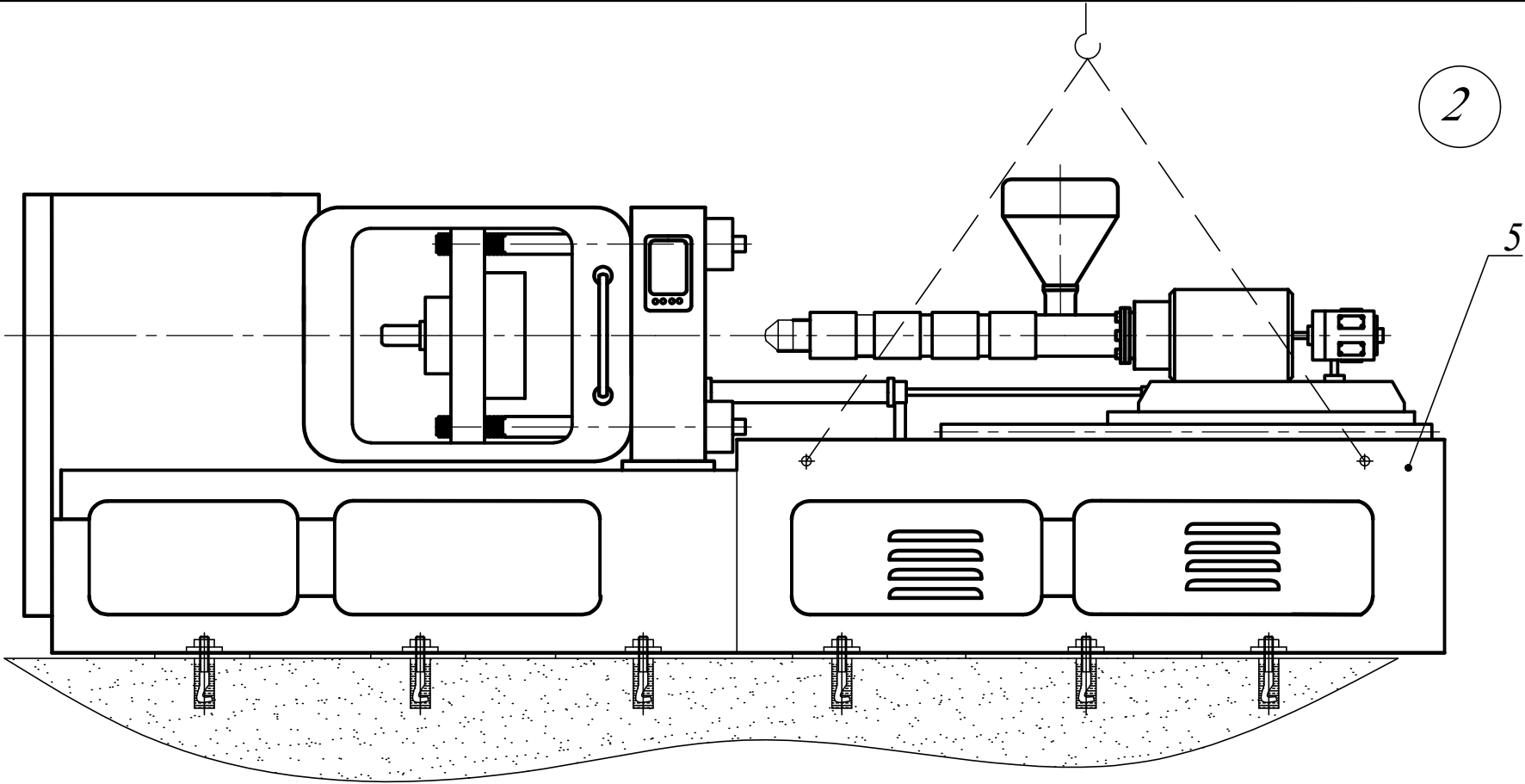
											Розроб.	Рогожинський		Арк.
											Перев.	Борщик		
											Н.Контр.			
														Арк-в
Зм.	Арк	Ндокум.	Підпис	Дата	Зм.	Арк	Ндокум.	Підпис	Дата	Затв.	Борщик			

	<i>Карта ескізів</i>	<i>Номер операції</i>
		<i>Монтаж механізму змикання</i>



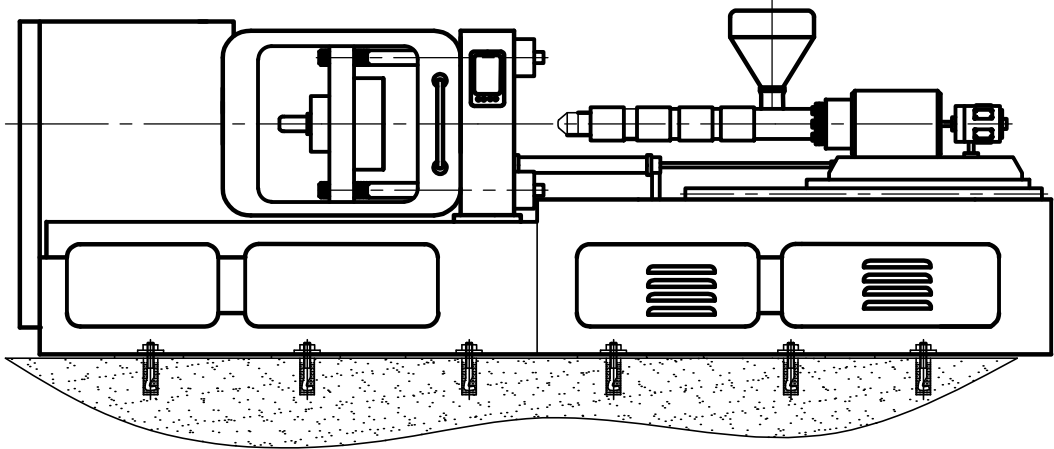
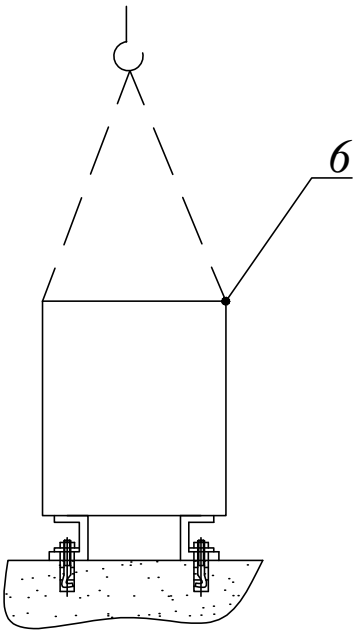
											<i>Розроб.</i>	<i>Рогожинський</i>		<i>Арк.</i>
											<i>Перев.</i>	<i>Борщик</i>		
											<i>Н.Контр.</i>			
														<i>Арк-в</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Затв.</i>				

	<i>Карта ескізів</i>	<i>Номер операції</i>	
		<i>Монтаж інжекційно-пластикаційного вузла</i>	



											<i>Розроб.</i>	<i>Рогожинський</i>		<i>Арк.</i>
											<i>Перев.</i>	<i>Борщик</i>		
											<i>Н.Контр.</i>			
														<i>Арк-в</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Затв.</i>				

	<i>Карта ескізів</i>	<i>Номер операції</i>
		<i>Монтаж електричного шкафу</i>



3

											<i>Розроб.</i>	<i>Рогожинський</i>		<i>Арк.</i>
											<i>Перев.</i>	<i>Борщик</i>		
											<i>Н.Контр.</i>			
														<i>Арк-в</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>Ндокум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Затв.</i>				

Инв.№подл	Подпись и дата	взам.инв №	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

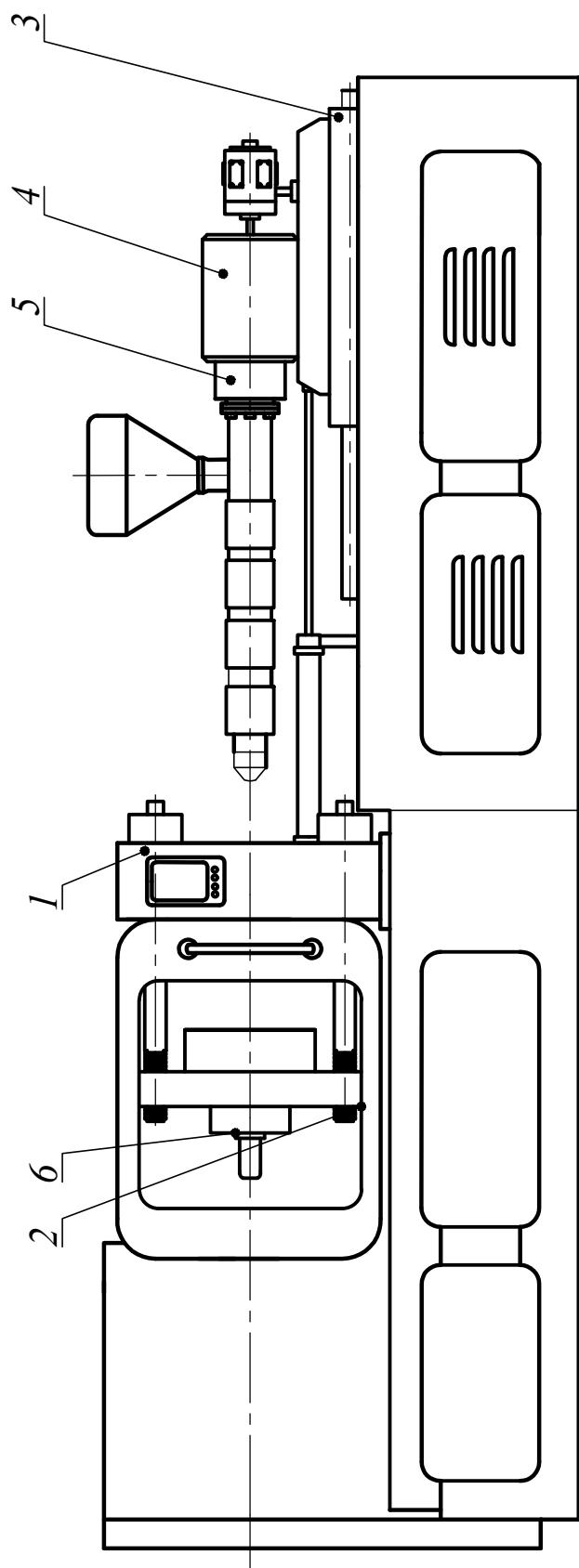
ГОСТ 3.1407 – 74 Форма 1

		Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт		

Номер чека	Номер уч.-кд	Номер дублі- ката	Номер опера- ції	Найменування операції	Обладнання (найменування, модель)				
				Монтаж термoplastавтомата					

Номер перехода	Зміст переходу				Технологічний режим, к-сть.	Приспосовуван ня (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)		То,хв
1	Застропити, підняти станину 4 з механізмом змикання, встановити фундаментні болти 1 у відповідні отвори станини, надіти шайби 2.				Фундаментний болт – 6 шт.	Електроталь $Q = 5\text{ т}$	Гайковий ключ $S = 45$		45
	Нагвинтити гайки 3, станину опустити за місцем.				Шайба – 6 шт. гайка – 6 шт.				
2	Застропити, підняти станину 5 з інжекційно-пластикаційни вузлом, встановити фундаментні болти 1 у отвори станини, надіти шайби 2.				Фундаментний болт – 6 шт.	Електроталь $Q = 5\text{ т}$	Гайковий ключ $S = 45$		50
	Нагвинтити гайки 3, станину опустити за місцем.				Шайба – 6 шт. гайка – 6 шт.				

											Разраб.	Рогожинський				Лист
											Перевір.	Борицк				
																Листо
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дата	Из	Лис	№ докум	Подпись	Дата	Н. контр.					



		Рогожинський		
		Борщик		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП91мп.057242.01-ТЕ

Арк.

N позиції	Найменування і позначення змащувального вузла	Найменування змащувального матеріалу	Кількість точок змащування	Спосіб нанесення мастила	Періодичність
1	Плита нерухома	Солідол М та мастило індустріальне 30 ГОСТ 20799-75	4	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 9 міс.
2	Салаки механізму змикання	Солідол М та мастило індустріальне 30 ГОСТ 20799-75	2	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
3	Салаки механізму інжекції	Солідол М та мастило індустріальне 30 ГОСТ 20799-75	2	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
4	Редуктор	Мастило ТАП-15 ГОСТ 23652-79	5	Залити у корпус редуктора до необхідного рівня	Перший раз після місяця експлуатації. Далі проводити один раз на 6 міс.
5	Вузол опірною підшипника	Мастило ТАП-15 ГОСТ 23652-79	1	До місць змащування мастило потрапляє по системі вимушеного змащування від насосу	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
6	Виштовхувачі	Солідол М	4	Змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
7	Підшипники електродвигунів	Згідно інструкції заводу виробника			

8. МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ

8.1 Розробка 3D-моделі базової і модернізованої частини установки

3Д модель базового сопла створено в системі САТІА за кресленням, яке зображено на рис 8.1. Спочатку створено ескіз деталі (рис 8.2) та виконано її 3Д модель за допомогою таких інструментів як Sketch, Shaft. Після чого зроблено розріз готової моделі командою Pocket(рис 8.3).

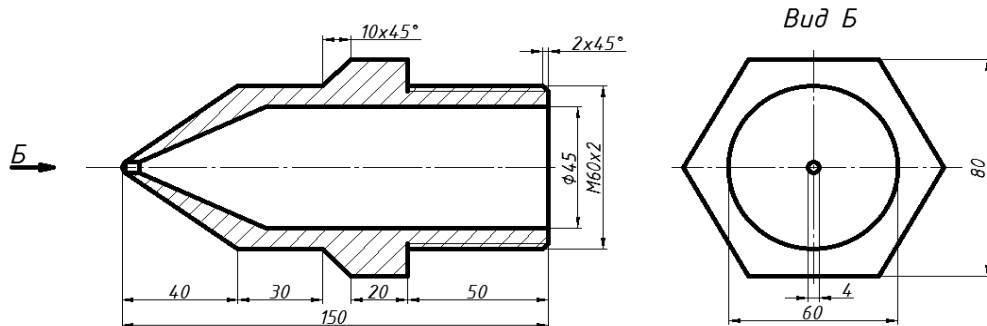


Рисунок 8.1 – Креслення базового сопла

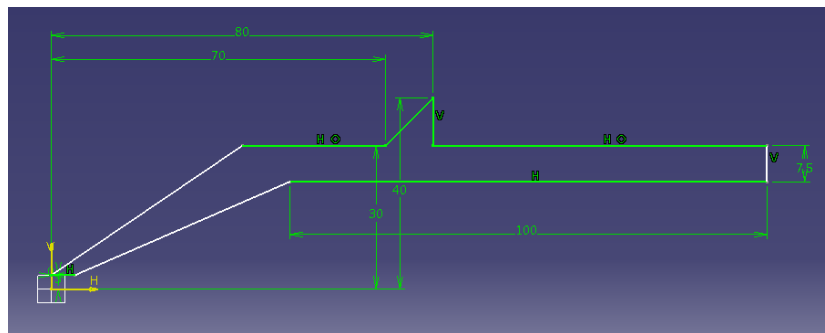


Рисунок 8.2– Ескіз деталі

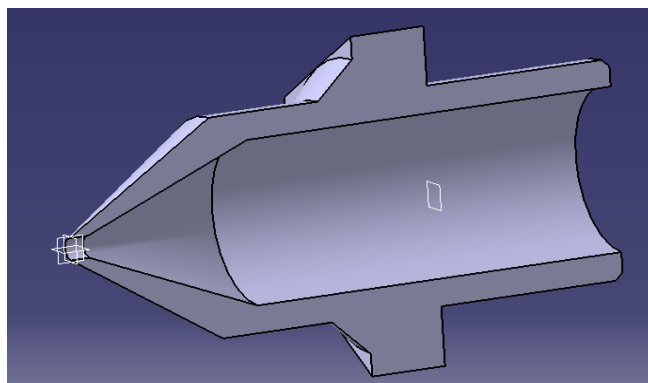
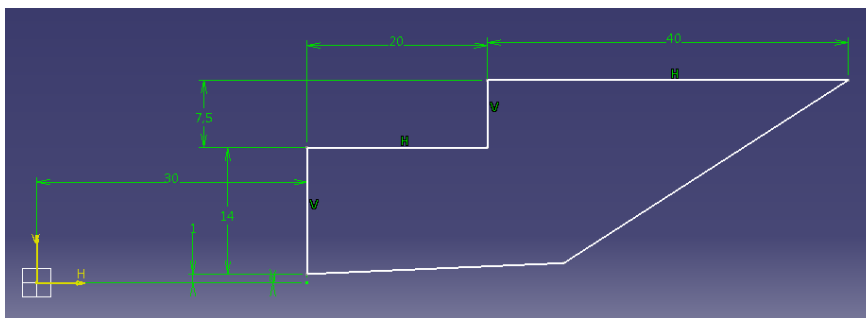


Рисунок 8.3 – 3Д модель базового сопла

[illegible]

Спочатку створено ескіз внутрішньої вставки та виконано її 3Д модель з отворами за допомогою таких інструментів як Sketch, Shaft, Hole, CircPattern (рис 8.5-8.7).



61

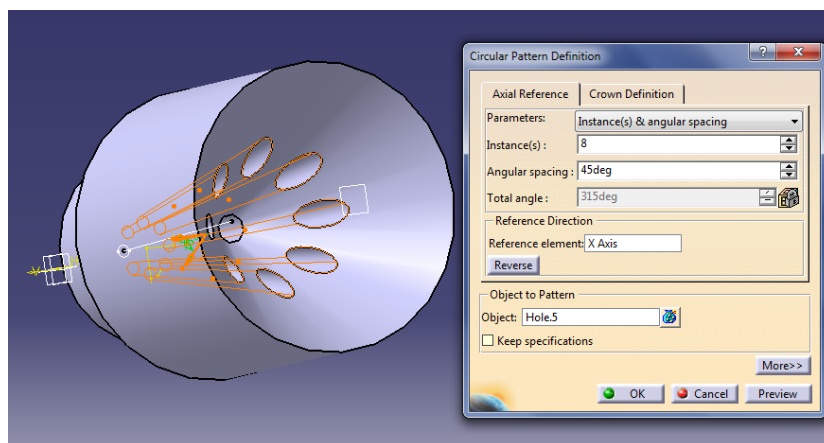


Рисунок 8.7 – Готова модель внутрішньої вставки

Далі за такою ж схемою побудовано ескіз та твердотільну модель зовнішнього корпусу. За допомогою команди **Rad** виконано шестигранну поверхню, командою **Pocket** зробив розріз по осі **YZ**(рис 8.8, 8.9).

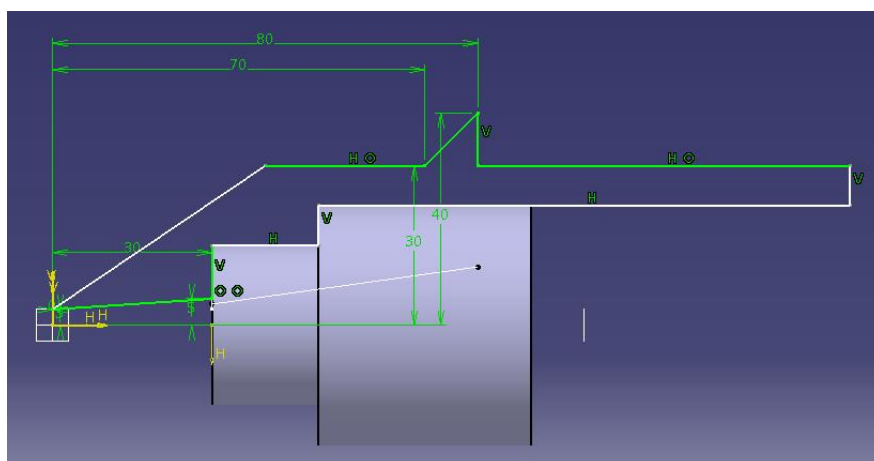


Рисунок 8.8 – Ескіз зовнішнього корпусу

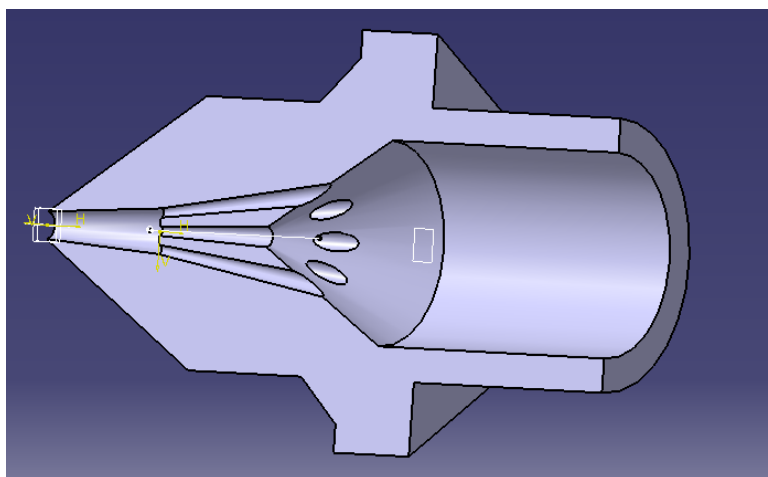


Рисунок 8.9 – 3Д модель сопла

8.2 Розрахунки для базової моделі модернізованого вузла

Розрахунок виконаний у програмі ANSYS та показаний на плакаті [ЛП91мп.057242.005-ПЛ]. На ньому ми можемо побачити розрахунки на жорсткість сопла.

Модель з CATIA збережено в форматі .stp та імпортовано в ANSYS, в якому створюємо проект для теплового та міцнісного розрахунків. Створюємо схему проекту Stady-State Thermal та Static Structural.

В бібліотеці матеріалів вписано характеристики матеріалу, з якого виготовлено деталь – сталь 40X13. В Stady-State Thermal задаємо температуру 200 °C всередині сопла та 50°C назовні. Після задання температури обираємо, які результати розрахунку нам потрібні, у вкладці Solution.

З проекту Stady-State Thermal в Static Structural імпортовано модель сітки та температуру.

В Static Structural закріплюємо деталь (Supports => Fixed та Supports => Displacement) та вказуємо тиск 120 МПа для різних зон (Loads => Pressure), який діє всередині сопла. Для кожного розрахунку створюємо сітку деталі, чим детальніша сітка сопла - тим точніший результат дослідів отримаємо. Також у вкладці Solution обираємо результати, які б ми хотіли бачити: TotalDeformation, Equivalent Elastic Strain, Equivalent Stress та Safety Factor.

Дії описані вище зображені на рис. 8.10-8.17.

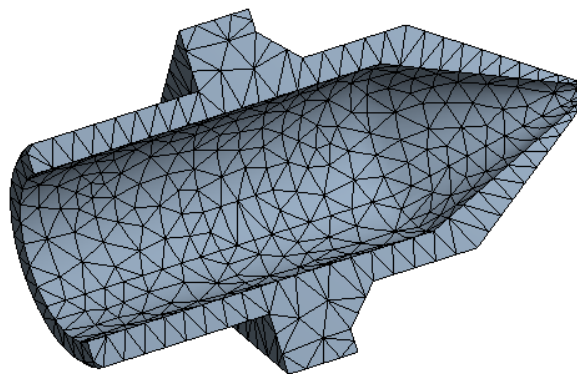


Рисунок 8.10 – Скінченно-елементна сітка моделі

A: Steady-State Thermal
 Steady-State Thermal
 Time: 1, s
 15.12.2020 23:13

A Temperature: 200, °C
B Temperature 2: 50, °C

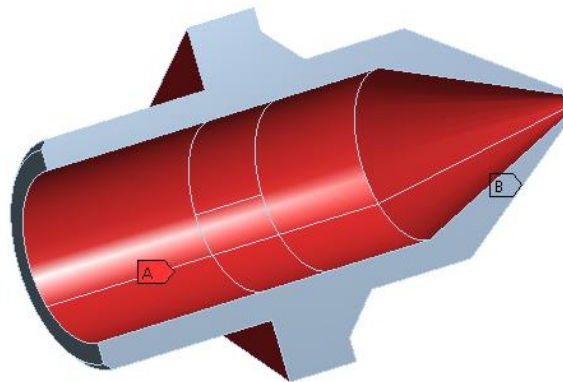


Рисунок 8.11 – Задання температури в Steady-State Thermal

A: Steady-State Thermal
 Temperature
 Type: Temperature
 Unit: °C
 Time: 1
 15.12.2020 23:15

200 Max
 183,33
 166,67
 150
 133,33
 116,67
 100
 83,333
 66,667
50 Min

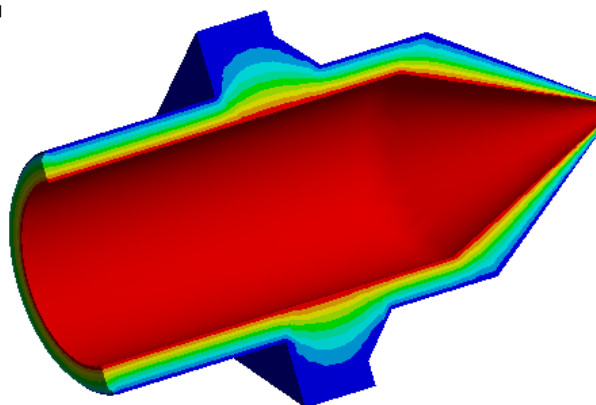


Рисунок 8.12 – Розподіл температури

B: Static Structural
 Static Structural
 Time: 1, s
 15.12.2020 23:14

A Fixed Support
B Displacement
C Pressure: 1,2e+008 Pa

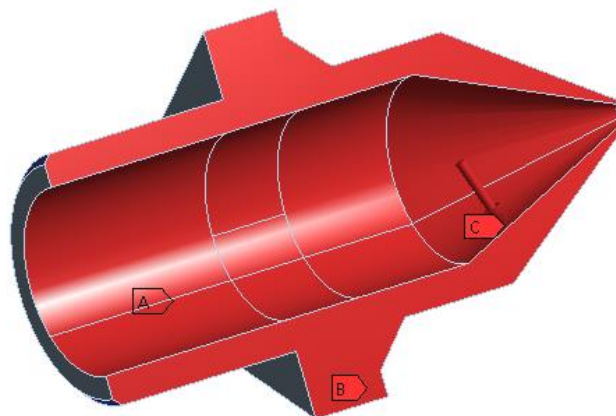


Рисунок 8.13 – Закріплення та навантаження

B: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: m
 Time: 1
 15.12.2020 23:17

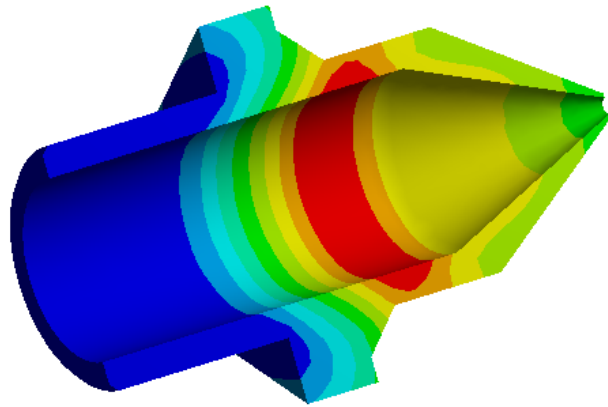
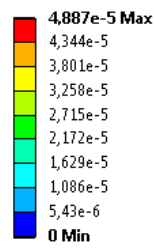


Рисунок 8.14 – Загальні деформації

B: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: Pa
 Time: 1
 15.12.2020 23:17

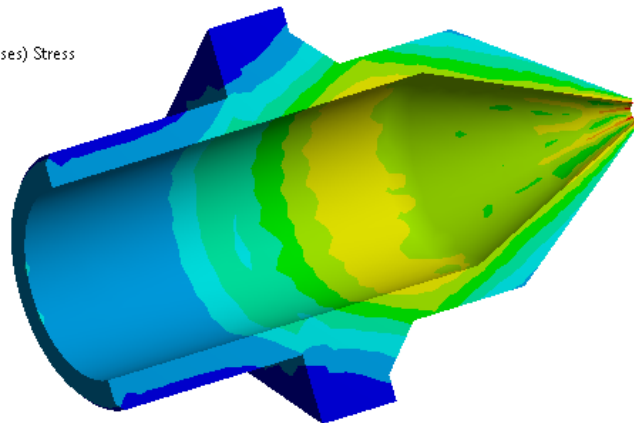
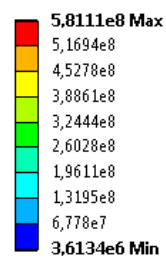


Рисунок 8.15– Еквівалентні напруження за Мізесом

B: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 15.12.2020 23:17

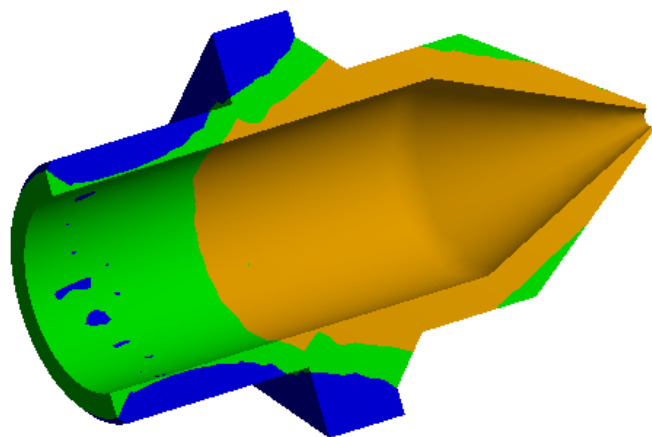
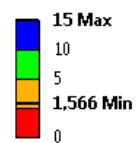


Рисунок 8.14 – Запас міцності

8.3 Розрахунки для модернізованого вузла моделі

Далі робимо аналогічний розрахунок в програмі ANSYS для 3Д моделі модернізованого сопла. Вказуємо температуру всередині деталі 200°C та 50°C назовні. Також додаємо робочий тиск в 120 МПа та закріплюємо аналогічним чином деталь. На рисунках нижче зображені дії, необхідні для цього розрахунку та наведені результати (рис 8.15-8.21).

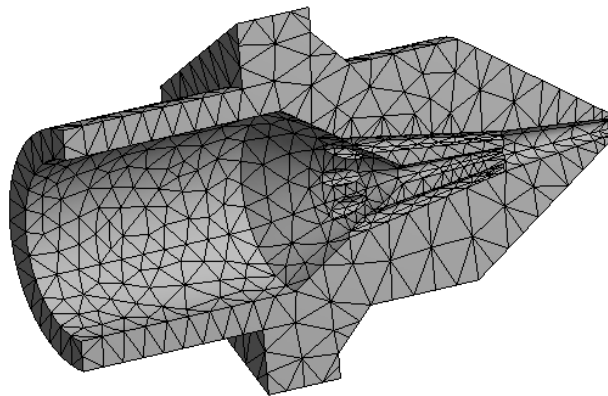


Рисунок 8.15 – Скінченно-елементна сітка моделі

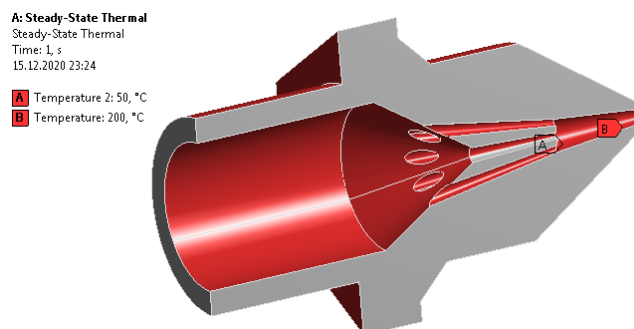


Рисунок 8.16 – Задання температури в Stady-State Thermal

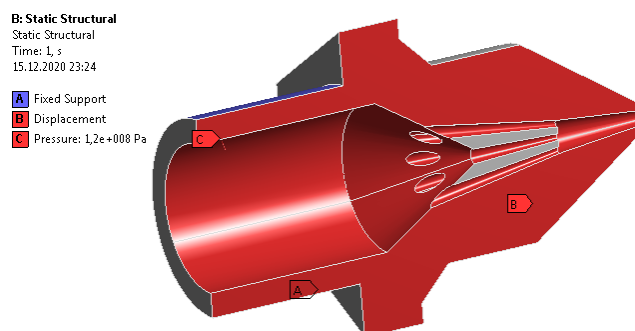


Рисунок 8.17 – Закріплення та навантаження

A: Steady-State Thermal
 Temperature
 Type: Temperature
 Unit: °C
 Time: 1
 15.12.2020 23:25

200 Max
 183,34
 166,67
 150
 133,34
 116,67
 100
 83,334
 66,667
50 Min

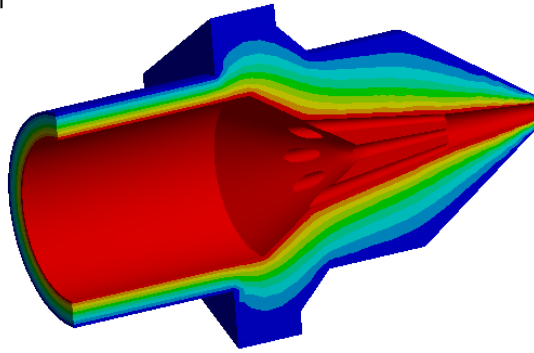


Рисунок 8.18 – Розподіл температури

B: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: m
 Time: 1
 15.12.2020 23:26

1,9698e-5 Max
 1,7509e-5
 1,5321e-5
 1,3132e-5
 1,0943e-5
 8,7547e-6
 6,5661e-6
 4,3774e-6
 2,1887e-6
0 Min

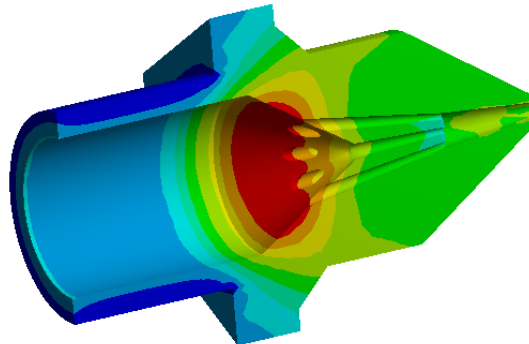


Рисунок 8.19 – Загальні деформації

B: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: Pa
 Time: 1
 15.12.2020 23:26

6.1786e8 Max
 5,4932e8
 4,8079e8
 4,1226e8
 3,4373e8
 2,7519e8
 2,0666e8
 1,3813e8
 6,9592e7
1,0589e6 Min

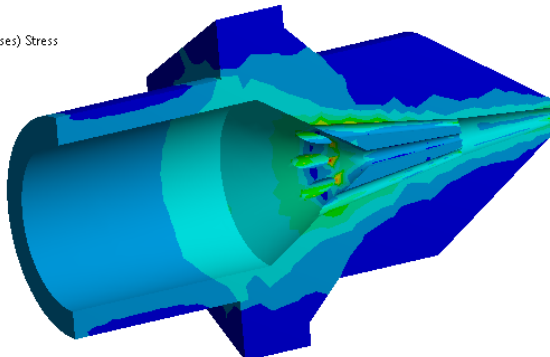


Рисунок 8.20– Еквівалентні напруження за Мізесом

B: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 15.12.2020 23:27

15 Max
 10
 5
1,4728 Min
 0

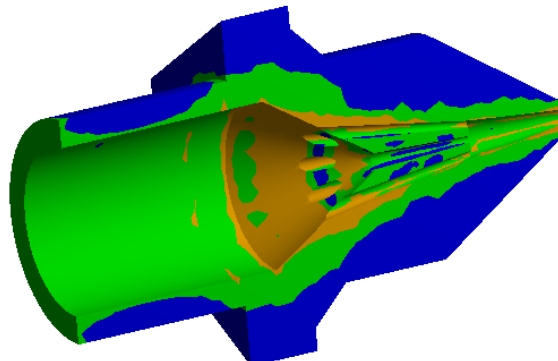


Рисунок 8.22 – Запас міцності

8.4. Розрахунок модернізації замкового пристрою

Для розрахунку замкового пристрою було обрано 3Д модель половини замка. Було проведено розбиття на скінченні елементи. Далі закріпили деталь. Матеріал – конструкційна сталь. Навантаження, які діють на неї, було розраховано із зусиль змикання термопластавтомата, які дорівнюють 1300 кН. Так як маємо 4 замка, які складаються з 2 половин, то 1300 кН розділено на 8, що дорівнює 162,5 кН. Для розрахунку було взято робоче навантаження 200 кН на половину замкового пристрою. Після цього проведено розрахунок на міцність. (рис 8.23 – 8.27)

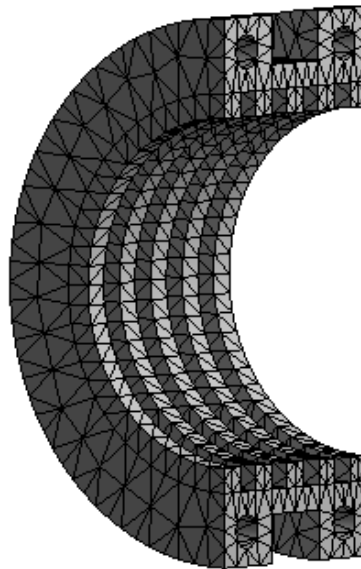


Рисунок 8.23 – Скінчено-елементна сітка моделі

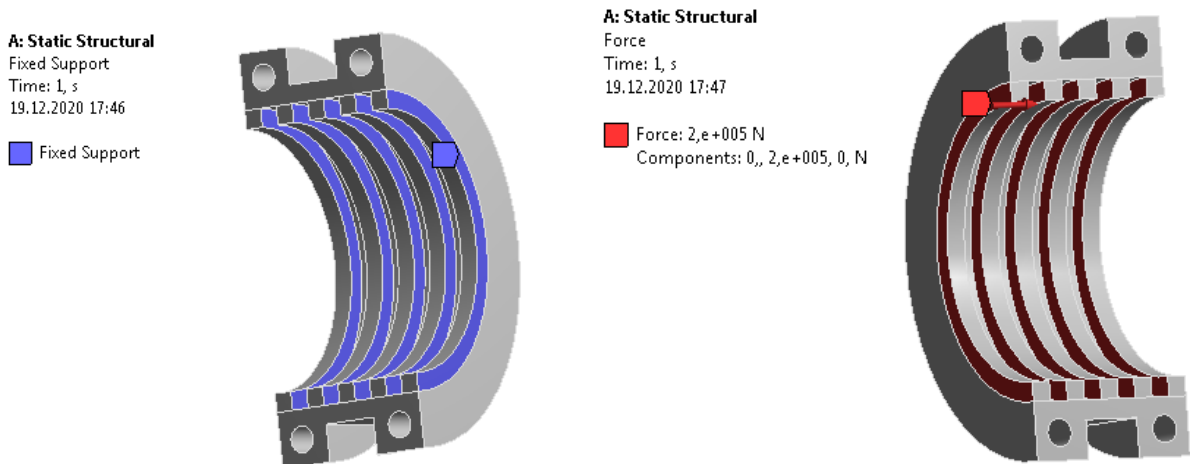


Рисунок 8.24 – Закріплення та навантаження

A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: m
 Time: 1
 19.12.2020 17:48

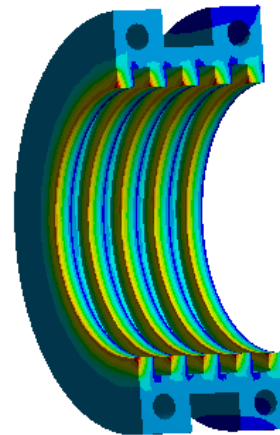
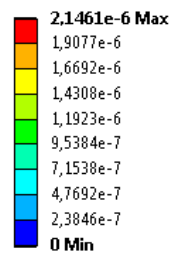


Рисунок 8.25 – Загальні деформації

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: Pa
 Time: 1
 19.12.2020 17:49

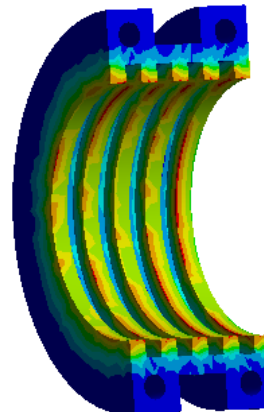
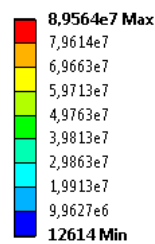


Рисунок 8.26 – Еквівалентні напруження за Мізесом

A: Static Structural
 Safety Factor
 Type: Safety Factor
 Time: 1
 19.12.2020 17:49

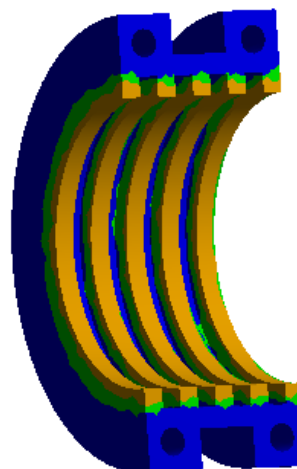
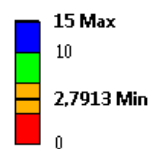


Рисунок 8.27 – Запас міцності

Як бачимо, деталь витримує робоче навантаження.

8.5 Підтвердження працездатності модернізованої установки.

Зіставлення «критичних» параметрів для базової та модернізованої конструкції

З розрахунку в програмі САПР ANSYS можемо бачити підтвердження працездатності базового та удосконаленого сопел..

Для наглядності було проведено розрахунок моделей із згущенням скінчено-елементної сітки з робочим навантаженням 120 МПа та температурою 200 °С.(рис 8.28- 8.31)

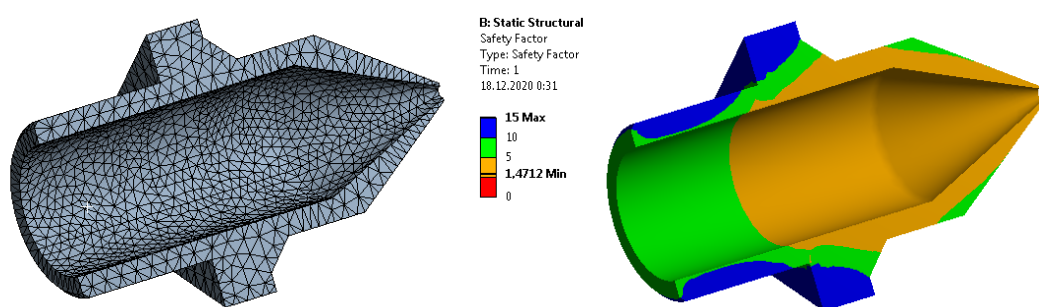


Рисунок 8.28 – Запас міцності базового сопла при розмірі сітки 0,003 м

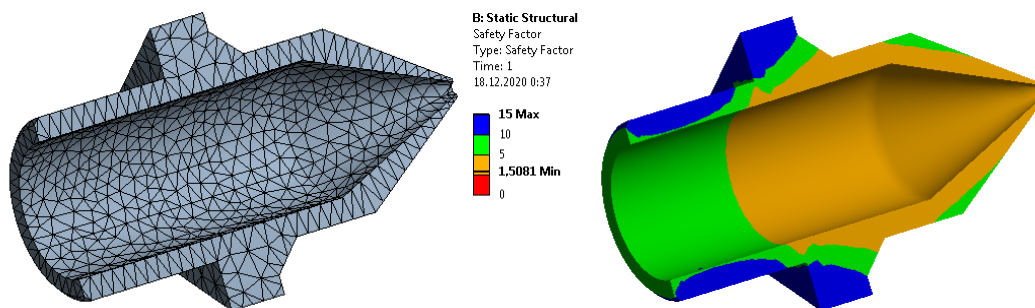


Рисунок 8.29 – Запас міцності базового сопла при розмірі сітки 0,0045 м

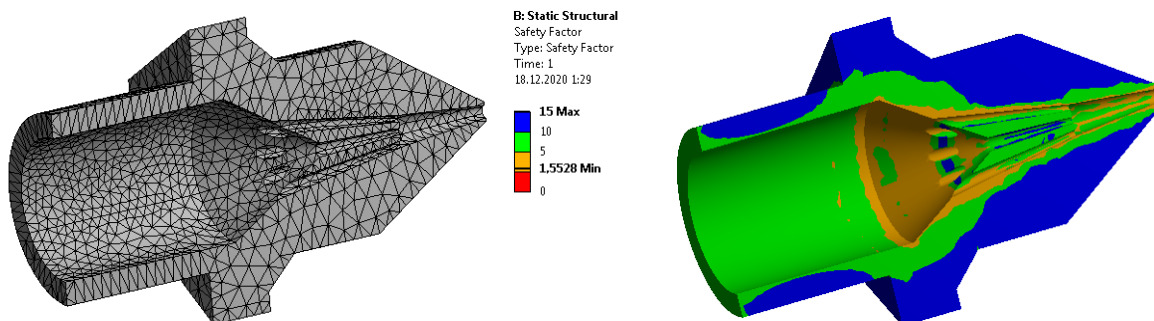


Рисунок 8.30 – Запас міцності модернізованого сопла при розмірі сітки 0,003 м

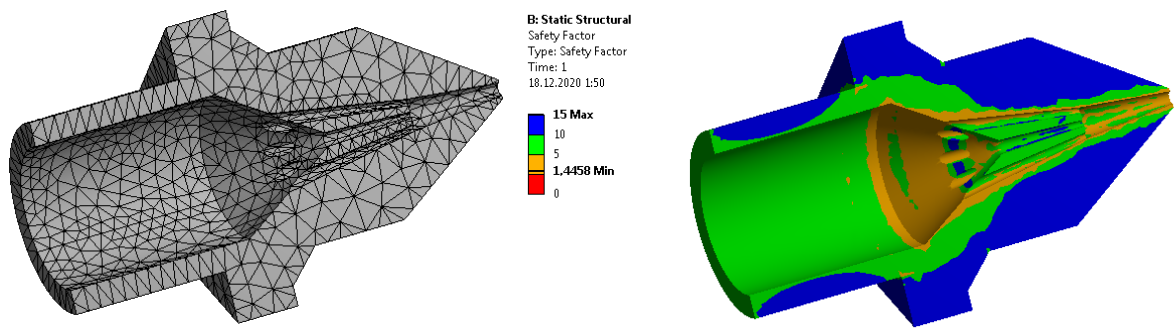


Рисунок 8.31 – Запас міцності модернізованого сопла при розмірі сітки 0,0045 м

Із отриманих результатів отримуємо наступну таблицю:

Таблиця 8.2

Запас міцності при різних розмірах скінчено-елементної сітки

Розмір сітки, м	0,006	0,0045	0,003
Запас міцності базового сопла	1,56	1,51	1,47
Запас міцності удосконаленого сопла	1,47	1,44	1,55

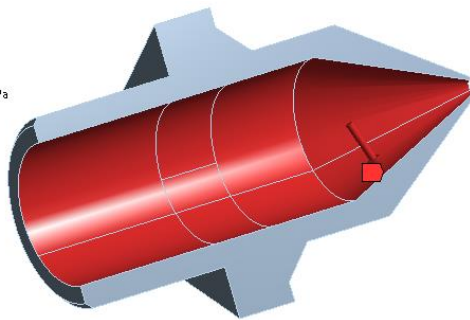
З цих даних вираховуємо середнє арифметичне запасу міцності обох конструкцій та отримуємо наступні показники:

$$n_{\text{баз}} = 1,51 \text{ та } n_{\text{мод}} = 1,49.$$

Тобто, механічні характеристики модернізованої деталі стали менші лише на 1,3% і є в межах допустимого. Це говорить про те, що модернізований вузол витримає навантаження, які до нього будуть прикладатися.

Для визначення «критичних» параметрів було вирішено збільшувати поступово тиск всередині деталей. Критичної поділки для базової конструкції сопла було досягнуто при тиску 185 МПа(рис. 8.32), для модернізованої - при тиску 175 МПа(рис. 8.33).

B: Static Structural
Pressure
Time: 1, s
15.12.2020 23:19
Pressure: 1,85e+008 Pa



B: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
15.12.2020 23:19

15 Max
10
5
1,0158 Min
0

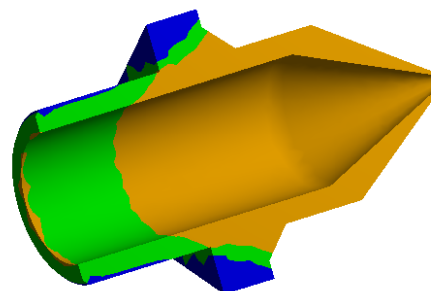
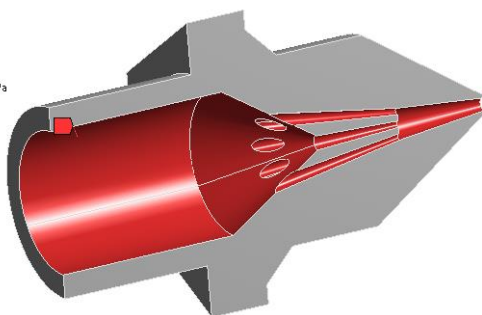


Рисунок 8.32 – Запас міцності при 185 МПа

B: Static Structural
Pressure
Time: 1, s
15.12.2020 23:29
Pressure: 1,75e+008 Pa



B: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
15.12.2020 23:30

15 Max
10
5
1,0099 Min
0

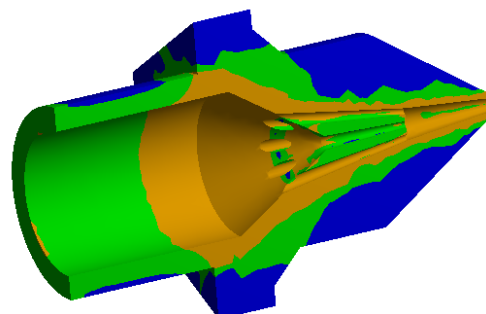
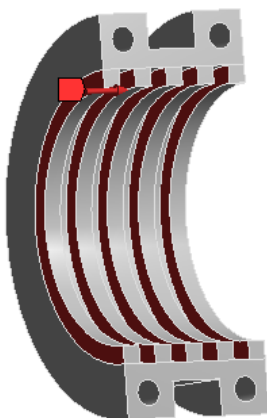


Рисунок 8.33 – Запас міцності при тиску 175 МПа

Для визначення «критичних» параметрів замкового пристрою було вирішено збільшувати поступово навантаження, що діють на нього. Критичної поділки було досягнуто при зусиллях 540 кН (рис 8.34).

A: Static Structural
Force
Time: 1, s
19.12.2020 18:02

Force: 5,4e+005 N
Components: 0, 5,4e+005, 0, N



A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
19.12.2020 18:04

15 Max
10
5
1,003 Min
0

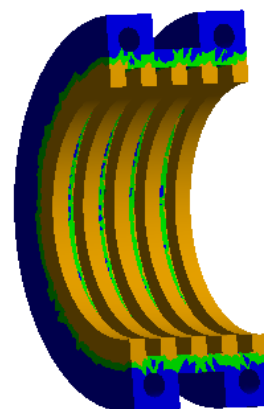


Рисунок 8.34 – Запас міцності при зусиллях 540 кН

ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту є проведення модернізації термопластавтомата. Для цього проведені наступні роботи:

- розглянуто технологічну лінію виробництва виробів з пластмас під тиском, базову конструкцію, її основні частини та принцип дії. Визначено переваги та недоліки ТПА базової конструкції;
- проведено літературно-патентний огляд. Розглянуто і описано 6 технічних рішень;
- для модернізації базової машини обрано 2 винаходи. Перший – інша конструкція сопла, що дозволяє покращити технологічні характеристики лиття із зменшенням витрат на матеріал. Таким чином вдалося досягти економічного ефекту. Результатом другого є чітке і надійне запирання пресформи, зменшення енерговитрат на переміщення пресформи. Це дозволяє суттєво зменшити кількість браку і знову ж таки підвищити економічну ефективність;
- розглянуто небезпечні виробничі ситуації та розроблено заходи для їх уникнення;
- спроектувано 3D моделі базового та модернізованого сопла та замкового пристрою. Виконано розрахунки їх напруженого деформованого стану за допомогою системи ANSYS, з яких видно, що при робочих навантаженнях деталі є працездатними.
- також визначено максимальні навантаження, які витримують деталі.

ЛІТЕРАТУРА

1. https://gazeta.ua/articles/avto/_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-na-tisyachu-osib/680260.
2. <https://vmasshtabe.ru/promzona/tehnologicheskaya-shema-litya-pod-davleniem.html>.
3. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.
4. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ.: 2006. – 270с.
5. Сопло литтевої машини для переробки пластмас. Патент № 1720880 (SU), МПК В29С 45/20. Шумков Н.А. Опубл. – 23.03.1992.
6. Сопло самозакриваюче для заповнення форм. Патент № 109044(RU), МПК В29С 45/23. Коршун Г.С., Медведев С.М. Опубл.—10.10.2011.
7. Сопло литтевої машини для пластмас. Патент № 1351807 (SU), МПК В29С 45/23. Ніколаєв Г.І., Наборщиков П.Г. Опубл. – 15.11.1987.
8. Сопло литтевої машини для полімерів. Патент № 677946 (SU), МПК В29F 1/03. Межуєв В.В., Бородін Р.Л., Тагунов А.Я., Ащеулов А.А.; Опубл. – 05.08.1979.
9. Прес-форма для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями. Патент № 123468 (UA), МПК В29В 15/02. Сокольський О.Л., Сівецький В.І., Колосов О.Є., Куриленко В.М., Івіцький І.І. Опубл. – 26.02.2018.
10. Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм. Патент № 116922 (UA), МПК В29С 47/36. Потапов В.О., Білий Д.М. Опубл. – 25.05.2018.
11. Гідромеханічний пристрій змикання півформ машини для лиття, наприклад, термопластавтомата. Патент № 88123 (UA), МПК В29С 45/66. Харченко Сергій Ніколаєвіч Опубл. – 10.09.2009.

12. Замковий пристрій для литтєвої машини. Патент 2014/0065258 (US), МПК В29С 45/67. Ing. Franz Dirneder, Johannes Mayr – Заявка 14/010,941 , 27.08.2013; Опубл. – 06.05.2014.
13. Калинин Э.Л., Калинин Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 – 256с.
14. Малиновський В.В. Процеси та апарати хімічних виробництв. Теплові процеси.– К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 99 с.
15. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.
16. ГОСТ 19523-74. Двигуни трьохфазні асинхронні короткозамкнуті серії 4А потужність від 0.06 до 400 кВт. Загальні технічні умови.
17. Махнович А.Т., Боханько Г.Я. «Охрана труда и противопожарная защита на предприятиях промышленности строительных материалов.» М.: Стройиздат, 1978. 247 с.
18. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв / І. В. Коваленко., 2011. – 575 с.